



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESEMPENHO HUMANO
OPERACIONAL

EDSON **KOURY** DO NASCIMENTO, CAP QOAV

Análise de respostas autonômicas cardiovasculares de pilotos militares durante sequência de
manobras acrobáticas

Rio de Janeiro

2023

UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESEMPENHO HUMANO
OPERACIONAL

EDSON **KOURY** DO NASCIMENTO, CAP QOAV

Análise de respostas autonômicas cardiovasculares de pilotos militares durante sequência de manobras acrobáticas

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em formato de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional da Universidade da Força Aérea, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Desempenho Humano Operacional.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires.

Coorientador: Prof. Dr. Adriano Percival Calderaro Calvo.

Rio de Janeiro

2023

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNIFA

Nascimento, Edson Koury do

N 244a

Análise de respostas autonômicas cardiovasculares de pilotos militares durante sequências de manobras acrobáticas / Edson Koury do Nascimento. – Rio de Janeiro: Universidade da Força Aérea, 2023.
129 f.: il., enc.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires
Dissertação (mestrado) – Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2023.
Referências: f. 64-69

1. Aviação Militar. 2. Pilotos. 3. Variabilidade da Frequência Cardíaca. 4. Sistema Nervoso Autônomo I. Título. II. Pires, Gilberto Pivetta. III. Universidade da Força Aérea.

CDU: 358.4



**MINISTÉRIO DA DEFESA
COMANDO DA AERONÁUTICA
UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESEMPENHO HUMANO OPERACIONAL

EDSON KOURY DO NASCIMENTO

**ANÁLISE DE RESPOSTAS AUTONÔMICAS CARDIOVASCULARES DE PILOTOS MILITARES
DURANTE SEQUÊNCIA DE MANOBRAS ACROBÁTICAS**

Dissertação aprovada pelos membros da Banca Examinadora, no dia 20 de outubro de 2023, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Desempenho Humano Operacional pela Universidade da Força Aérea (UNIFA).

Rio de Janeiro, RJ, 20 de outubro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br GILBERTO PIVETTA PIRES
Data: 30/11/2023 11:03:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. GILBERTO PIVETTA PIRES – (CPF 260.126.048-31) - (UNIFA)
Presidente da Banca de Defesa

Documento assinado digitalmente
gov.br FABIO ANGIOLUCI DINIZ CAMPOS
Data: 01/12/2023 10:51:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. FÁBIO ANGIOLUCI DINIZ CAMPOS - CPF: (300.009.348-60) – (AFA/UNIFA)
Examinador Interno

Documento assinado digitalmente
gov.br AYLTON JOSE FIGUEIRA JUNIOR
Data: 03/12/2023 11:41:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. AYTON JOSÉ FIGUEIRA JUNIOR - (CPF: 131.335.108-35) – (USJT)
Examinador Externo

Rio de Janeiro

2023

AGRADECIMENTOS

A minha jornada foi recheada de altos e baixos, mas principalmente foi marcada constante superação e muita aprendizagem, que levaram o crescimento profissional e pessoal. Diante disso, gostaria de registrar meu agradecimento àqueles que acreditaram e me apoiaram, mesmo diante das incertezas do amanhã, para crescer e evoluir, como marido, pai, profissional, instrutor e, principalmente, um eterno aprendiz.

Agradeço a minha amada esposa, Aládia Koury, pelo seu apoio incondicional, compreensão, incentivo e paciência, você foi minha fiel companheira para todas as horas, independente do desafio que viéssemos enfrentar, você sempre esteve lá para me apoiar. Muito obrigado!

Aos meus queridos filhos, Sofia, Vitória e Edson Filho, vocês iluminaram o caminho da minha jornada com o seu carinho e amor, sou imensamente grato por ter vocês em minha vida.

Ao meu querido irmão, Fady, por sempre acreditar em mim, você é meu eterno ala na jornada da vida, muito obrigado.

Ao Maj Brig Ar David, Comandante da AFA no período de início da minha jornada científica, agradeço o voto de confiança para o desenvolvimento desse estudo, além de permitir o início dessa jornada, o senhor foi uma fonte de incentivo e inspiração para o sucesso desse trabalho.

Ao Brig Ar Helmer, Coordenador do PPGDHO no meu período de ingresso ao mestrado profissional, agradeço a contribuição nas discussões iniciais, apresentando as expectativas e necessidades do piloto da FAB.

Aos Chefes do setor de Operações da AFA, Cel Av Brauner Cel Olympio, pelo apoio incondicional para desenvolvimento do estudo.

Ao Comandante do 1º EIA, Maj Herculian, pelas orientações e apoios prestados.

À equipe da Aeromedicina da AFA, por todos os ensinamentos e trocas de experiências, cresci muito profissionalmente e intelectualmente com vocês.

Ao Comandante do EDA, Cel Franklin, pela oportunidade de acesso e desenvolvimento de metodologias, que foram essenciais para esse estudo e pela possibilidade de participação de um público tão seletivo que foram os próprios pilotos da Esquadrilha da Fumaça

Ao meu Chefe, Cel Av Freitas, pelo apoio, flexibilidade e compreensão, esses aspectos foram essenciais para o desenvolvimento e conclusão do estudo.

Ao Prof. Dr. Rochetti, sou muito grato a senhor por me incentivar e iniciar as orientações para trilhar o caminho acadêmico de estudos e novas descobertas.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional, da Universidade da Força Aérea, por compartilhar os conhecimentos e auxiliar no desenvolvimento desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Fábio Campos, pela participação na banca de defesa e pelos ricos ensinamentos durante minha trajetória no curso de Pós-Graduação.

Ao Prof. Dr. Aylton, pela participação na banca de defesa, mas também pelos preciosos ensinamentos durante o desenvolvimento do mestrado, que se estenderam para além das fronteiras do campo de qualificação, o sucesso desse trabalho se deve ao apoio do senhor também.

Aos meus colegas de turma do PPGDHO, pelo companheirismo e apoio durante essa jornada de formação.

Agradeço a UNIFA pela oportunidade de desenvolver um estudo inédito, com o grau de Mestrado Profissional, com toda estrutura e apoios necessários disponíveis.

Ao meu Coorientador, Prof. Dr. Adriano, pelos ensinamentos e apoio para desenvolvimento desse estudo. Vários foram os desafios, porém o senhor sempre esteve lá para auxiliar, no que fosse necessário.

A Profa. Dra. Karina, pelo apoio incondicional, por dedicar seu tempo e esforço para revisar meu trabalho e fornecer *feedbacks* valiosos.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Gilberto, pela sua perseverança, foi pelo senhor acreditar em mim que esse trabalho pôde ser realizado, os desafios foram vários e imensos, porém juntos professor, conseguimos superá-los e chegar aonde chegamos. Sou imensamente grato pelos ensinamentos e apoio incondicional.

Agradeço todo o apoio técnico da equipe de solo da AFA, vocês foram e são os “anjos da guarda” que permite que a operação aérea prossiga com segurança e tenha sucesso, muito obrigado.

Expresso a minha gratidão aos meus colegas instrutores de voo, que me apoiaram durante essa aventura aérea, vocês permitiram o desenvolvimento desse estudo e avanço de mais esse degrau na evolução científica e tecnológica aeroespacial.

Por fim, agradeço à Academia da Força Aérea, unidade a qual tive a oportunidade de servir por 7 anos, local onde pude vivenciar momentos marcantes na minha vida e na carreira como piloto e militar, sua forja molda os futuros líderes da Força Aérea Brasileira.

“No que diz respeito ao desempenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem-feita, ou não faz.”

Ayrton Senna

RESUMO

O desenvolvimento na aviação proporcionou enormes avanços nos sistemas e na performance das aeronaves e, nesse contexto, pilotos militares de combate são expostos a altas cargas estressoras, tendo sua capacidade operacional afetada. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo analisar as respostas autonômica cardiovasculares, por meio da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) de pilotos em voo, com alteração de altitude e carga Gz e verificar a relação com o nível de experiência em horas de voo acrobático. Uma amostra composta por 29 aeronavegantes militares, do sexo masculino, todos pertencentes ao Quadro de Tripulantes (QT) do 1º Esquadrão de Instrução Aérea (1ºEIA), dividido em três grupos: Aeronavegantes não pilotos (AERO), Pilotos instrutores do 1ºEIA (INSTR) e pilotos do Esquadrão de Demonstração Aérea (EDA) fizeram parte deste estudo. Foram realizadas avaliações antropométricas e de capacidades físicas e o registro da VFC, desde o pré-voo até o pós-voo, subdividido em diferentes momentos, a bordo da aeronave de instrução T-27 Tucano, do 1ºEIA, localizado na Academia da Força Aérea (AFA). Para as comparações de análise intragrupos e intergrupos foram aplicados testes de análise de variância (ANOVA) bidirecional nas variáveis dependentes, acompanhadas dos valores do delta percentual ($\Delta\%$) e do *Effect Size* (ES), sendo considerada a significância de 5% ($p < 0,05$). Os resultados apontaram diferenças nos índices da VFC entre os blocos do voo e entre os grupos AERO, INSTR e EDA. O desenho de avaliação em voo foi capaz de exigir respostas autonômicas, gerando respostas nos índices da VFC, especificado por blocos. O nível de experiência influenciou os resultados apresentados. Foi observado um aumento de FC nos blocos acrobáticos e redução nos blocos de recuperação, porém as principais diferenças estão na análise dos índices da VFC. O grupo AERO apresentou menor valor de SNA, porém maior retirada do ramo parassimpático, nos blocos acrobáticos, enquanto os grupos INSTR e EDA apresentaram valores superiores e, inclusive, valores positivos para o ramo parassimpático. Nos blocos de recuperação, o grupo AERO apresentou redução de atividade do SNA e parassimpático, enquanto os grupos INSTR e EDA apresentaram manutenção de valores elevados do SNA.

Palavras-chave: Aviação Militar; Variabilidade da Frequência Cardíaca; Pilotos; Sistema Nervoso Autônomo

ABSTRACT

The advancements in aviation have led to significant improvements in aircraft systems and performance. In this context, combat military pilots are exposed to high-stress loads, which can affect their operational capacity. Consequently, the present study aimed to analyze the cardiovascular autonomic responses, using Heart Rate Variability (HRV), of pilots in flight, experiencing changes in altitude and Gz load, and to examine the correlation with their level of experience in hours of aerobatic flight. A sample consisting of 29 male military aviators, all belonging to the Crew Member (QT) of the 1st Air Instruction Squadron (1st EIA), divided into three groups: Non-pilot Airmen (AERO), Pilot Instructors of the 1st EIA (INSTR), and Pilots of the Air Demonstration Squadron (EDA) were part of this study. Anthropometric and physical capability assessments were conducted, and HRV data was recorded from pre-flight to post-flight, segmented into different time points, onboard the T-27 Tucano instructional aircraft of the 1st EIA, located at the Brazilian Air Force Academy (AFA). For intragroup and intergroup analysis comparisons, two-way analysis of variance (ANOVA) tests was applied to the dependent variables, accompanied by percentage delta values ($\Delta\%$) and Effect Size (ES), with a significance of 5% ($p < 0.05$). The results indicated differences in HRV indices among flight blocks and among the AERO, INSTR, and EDA groups. The in-flight evaluation design was able of elicit autonomic responses, generating responses in the HRV indices, as specified by blocks. Experience level had an influence on the presented results. An increase in HR was observed in the acrobatic blocks and a reduction in the recovery blocks, but the main differences are in the analysis of HRV indices. The AERO group had lower SNA values, but greater withdrawal of the parasympathetic branch in the acrobatic blocks, while the INSTR and EDA groups had higher values and even positive values for the parasympathetic branch. In the recovery blocks, the AERO group showed a reduction in SNA and parasympathetic activity, while the INSTR and EDA groups maintained high SNA values.

Keywords: Military Aviation; Heart Rate Variability; Pilots; Autonomic Nervous System

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Percepção de aceleração nos eixos X, Y e Z	23
Quadro 2 – Índices e componentes autonômicos	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aeronave T-25 Universal	15
Figura 2 – Aeronave T-27 Tucano	17
Figura 3 – Terminologia padrão para os eixos de aceleração G	22
Figura 4 – Manobra acrobática <i>Looping</i>	24
Figura 5 – Pressão Arterial de acordo com a Força Gz	25
Figura 6 – Anatomia do controle do sistema nervoso autônomo	27
Figura 7 – Eletrocardiograma normal	27
Figura 8 – Desenho da pesquisa	29
Figura 9 – Posição das aeronaves - fase Formatura 1º EIA	34
Figura 10 – Desenho experimental da avaliação em voo	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Idade e Avaliação Antropométrica.....	39
Tabela 2 – Resultados do TACF e RAST-TEST	40
Tabela 3 – Experiência em horas de voo acrobático	40
Tabela 4 – Frequência Cardíaca entre os blocos	41
Tabela 5 – Intervalo RR entre os blocos	43
Tabela 6 – SDNN entre os blocos	44
Tabela 7 – RMSSD entre os blocos	46
Tabela 8 – SD1 entre os blocos	47
Tabela 9 – Frequência Cardíaca entre Grupos	49
Tabela 10 – Intervalo RR entre Grupos	51
Tabela 11 – SDNN entre Grupos	53
Tabela 12 – RMSSD entre Grupos	56
Tabela 13 – SD1 entre Grupos	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%GC	Percentual de Gordura Corporal
AFA	Academia da Força Aérea
AGSM	Anti G Strain Manouver
bpm	Batimentos por minutos
CFOAv	Curso de Formação de Oficiais Aviadores
COMAER	Comando da Aeronáutica
DIRSA	Diretoria de Saúde da Aeronáutica
EDA	Esquadrão de Demonstração Aérea
e.g	Exmpli grati (Por exemplo)
EDA	Esquadrão de Demonstração Aérea (Esquadrilha da Fumaça)
EIA	Esquadrão de Instrução Aérea
FAB	Força Aérea Brasileira
FC	Frequência Cardíaca
G-LOC	Induced loss of consciousness
Gx	Carga gravitacional no eixo X
Gy	Carga gravitacional no eixo Y
Gz	Carga gravitacional no eixo Z
HFASP	Hospital de Força Aérea de São Paulo
IMC	Índice de massa corporal
Kg	Quilograma
ms	Milissegundos
NN50	Intervalos RR adjacentes com diferença maior que 50ms
NSCA	Norma do Sistema do Comando da Aeronáutica
PA	Pressão Arterial
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PAM	Pressão Arterial Média
PIMO	Programa de Instrução e Manutenção Operacional
pNN50	Percentual dos intervalos RR adjacentes com diferença maior que 50ms
QT	Quadro de Tripulantes

RMSSD	Raiz quadrada da soma das diferenças sucessivas entre os intervalos RR normais adjacentes ao quadrado
RR	Intervalo entre duas ondas R, do ciclo QRS – despolarização ventricular
SD1	Desvio padrão dos intervalos RR instantâneos
SDNN	Desvio-padrão dos intervalos de RR normais
SN	Sistema Nervoso
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
SNP	Sistema Nervoso Parassimpático
SNS	Sistema Nervoso Simpático
T-27	Aeronave EMB-312 - Tucano
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	O CAMINHO DE UMA GRANDE AVENTURA AÉREA	15
1.2	DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO	17
1.3	QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA E HIPÓTESE	20
1.4	OBJETIVOS	21
1.4.1	Objetivos específicos	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	FISIOLOGIA AEROESPACIAL	22
2.2	CARACTERÍSTICA DA INSTRUÇÃO AÉREA NA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA	23
2.3	EFEITOS FISIOLÓGICOS DA FORÇA Gz	24
2.4	VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA	26
3	MATERIAL E MÉTODO	29
3.1	DELINEAMENTO DO ESTUDO	29
3.2	PROCEDIMENTOS ÉTICOS	29
3.3	POPULAÇÃO E AMOSTRA	30
3.4	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	30
3.5	DESCRIÇÃO DAS ETAPAS, PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS	31
3.5.1	1ª Etapa: Avaliação em solo	31
3.5.2	Randomização dos Grupos Estudados	32
3.5.3	2ª Etapa: Avaliação em voo	33
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	39
4.2	RESULTADOS DA VFC POR BLOCOS DE VOO	41
4.3	RESULTADOS DA VFC POR BLOCOS ENTRE GRUPOS	48
5	CONCLUSÃO	60
6	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	62
7	PROPOSTAS PARA FUTUROS ESTUDOS	62
8	PRODUTO TÉCNICO PROFISSIONAL	63
9	REFERÊNCIAS	64
	APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	70
	APÊNDICE B - FICHA DE ANAMNESE	73
	APÊNDICE C - FICHA DE AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA	74
	ANEXO A - COMPROVANTE DE APROVAÇÃO DO CEP-HFASP	75
	ANEXO B - PROTOCOLO DE FIXAÇÃO DE CÂMERA NA AERONAVE T-27 TUCANO	76
	ANEXO C - PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DE PILOTOS EM VOO	87
	ANEXO D - CURSO DE CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL	115

1 INTRODUÇÃO

1.1 O CAMINHO DE UMA GRANDE AVENTURA AÉREA

O fascínio pelo voo mobilizou muitos entusiastas e cientistas para alcançar os céus, porém foi em 19 de outubro de 1901, com o dirigível nº 6, que o mineiro Alberto Santos Dumont, demonstrou o controle de voo, ao contornar a torre *Eiffel*. Porém e, em 23 de outubro de 1906, ocorreu o voo do primeiro mais pesado que ar, o 14-Bis, que provocou profundas transformações no cenário mundial (Barros, 2006). O avanço tecnológico e as demandas da Segunda Guerra Mundial elevaram a condição de emprego do avião, como uma potente e estratégica arma de guerra, pela sua capacidade, manobrabilidade e velocidade (Silva Júnior, 2006; Comando da Aeronáutica, 2023).

Nessa jornada, em 2005 o jovem aluno Koury ingressava nas fileiras da Força Aérea Brasileira (FAB) por meio da Escola Preparatória de Cadetes do Ar (EPCAR), foi quando a minha jornada aérea começou. Ao longo dos três anos de formação, muitos foram as matérias a serem aprendidas para se tornar um piloto militar, sendo necessárias muita atenção e dedicação, e como forma de conclusão do curso na EPCAR, os alunos do 3º Ano tinham a oportunidade de fazer um voo acrobático a bordo da aeronave T-25 UNIVERSAL.

Figura 1 - Aeronave T-25 Universal



Fonte: Adaptado de Cunha (2019)

Esse voo teve uma duração de aproximadamente 15 minutos e foi constituído por “apenas” uma sequência acrobática. Foi nesse momento que pude experienciar os efeitos da aceleração das manobras em voo, não somente as minhas mãos e cabeça estavam pesando, outros efeitos surgiram, como o efeito de visão de túnel, e posterior acinzentamento da visão, conhecimento como *Gray-out* (Newman; Callister, 2009). Após os exercícios prosseguimos para o pouso e nesse momento, além do cansaço, pude sentir uma elevação dos batimentos

cardíacos e desde esse episódio alguns questionamentos ficaram pairando em minha mente: “Por que eu senti esses efeitos e o piloto (instrutor) não apresentou nenhuma mudança? O que o outro piloto tinha, que eu precisava ter ou desenvolver para não sentir os efeitos, ou ao menos me tornar mais resistente aos efeitos das acelerações de carga Gz?”. Mesmo cumprindo o cronograma de treinamento previsto e seguindo além, praticando atividades extras, tanto no aspecto aeróbio, como anaeróbio, pareceram não ter tido efeitos no episódio naquela época.

Em 2008, a minha jornada continuou na Academia da Força Aérea (AFA), onde surgiram novos desafios, que, com muita dedicação e estudos, foram superados um a um. Nessa jornada pude contar com o apoio de pessoas brilhantes, tanto os docentes da Divisão de Ensino, os profissionais da aeromedicina, quanto os instrutores de voo, em especial aos meus instrutores de voo, tanto do Segundo Esquadrão de Instrução Aérea (2ºEIA) em 2009, como do Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea (1ºEIA) em 2011, que me auxiliaram e permitiram que eu conseguisse alcançar a conclusão do Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv). Aqueles efeitos da força Gz sentidos pelo aluno Koury, já não eram os mesmos que o cadete Koury experienciou, mesmo com poucas horas de voo, já não estavam presentes os efeitos conhecidos da ação da Força Gz, provocados pelo perfil do voo acrobático (Newman; Callister, 2009; Sá, 2015).

Durante essa jornada, fui muito incentivado a continuar estudando e pesquisar mais sobre os efeitos que ocorrem com os pilotos durante o voo acrobático, porém, somente em 2018 tive a oportunidade de avançar nos primeiros rascunhos do que viria a se tornar esse trabalho.

Agradeço o apoio inicial do meu colega de Força, na época Ten Rochetti, que foi o meu primeiro orientador não oficial. Em dois anos de muitas conversas, o projeto do trabalho foi tomando forma, porém a avaliação de pilotos, principalmente em voo representava, e ainda representa, um grande desafio, em virtude dos parâmetros de segurança operacionais, rigor científico necessário e associado com a disponibilidade de pilotos e de meios aéreos para realizar as avaliações. Diante disso, estudos nesse campo são escassos, e com resultados inconclusivos, que demandam o desenvolvimento de mais estudos (Sá, 2015; Silva, 2016).

Em 2019, estava no meu 4º ano de instrução aérea na AFA e tive a oportunidade de ingressar no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* – Mestrado em Desempenho Humano Operacional (PPGDHO), pela Universidade da Força Aérea (UNIFA). Ao longo desse ano e do ano seguinte, pude desenvolver, junto com meu orientador, Prof. Gilberto, colegas da aeromedicina e comandantes do 1ºEIA e Divisão de Operações Aéreas (DOA), o desenho experimental para avaliação em voo de pilotos militares pertencentes ao Quadro de Tripulantes do 1ºEIA a bordo da aeronave T-27 TUCANO (Figura 2), que será explanado mais à frente.

O desafio que estava por vir seria grande, porém, conforme Pires (2014), valia cada gota de suor derramada, pois era muito melhor se lançar em busca de conquistas grandiosas, mesmo se expondo ao fracasso do que viver na penumbra.

Figura 2 – Aeronave T-27 Tucano



Fonte: Adaptado de Cunha (2019)

1.2 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

A FAB tem como uma de suas concepções estratégicas o domínio de tecnologias que possam levar seus recursos humanos à maximização dos processos de trabalho e a novos conceitos operacionais (Comando da Aeronáutica, 2018). Esta concepção é fundamental, pois segundo Rangel *et al.* (2020) para manutenção do “Poder Aéreo” de uma nação é necessário à contínua e crescente aquisição de equipamentos de última geração, com a finalidade de obter vantagem estratégica para a soberania do seu espaço aéreo.

Assim, atendendo a Estratégia Nacional de Defesa (END), a FAB adquiriu as aeronaves de caça F-39 Gripen-NG, uma das mais modernas da atualidade (Comando da Aeronáutica, 2018, 2020b, 2021c). Com a incorporação desta nova tecnologia, avançada e de amplo espectro, surge a necessidade do aprimoramento na formação de um quadro de pilotos mais hábeis para lidar com este novo cenário tecnológico. Esta premissa é confirmada ao analisarmos a END onde fica preconizado que a FAB deve priorizar a formação dos quadros técnicos-científicos, militares e civis, visando desenvolver ferramentas de capacitação e treinamento de forma autônoma, que permitam alcançar sua independência tecnológica (Comando da Aeronáutica, 2021c).

O Humano e a Máquina, trabalhando juntos, marcam a próxima geração de avanços da tecnologia aeroespacial (Steinkraus *et al.*, 2012). Isso desafia os especialistas da medicina aeroespacial a desenvolverem processos de avaliação dinâmica do desempenho do piloto.

Metodologias práticas devem avaliar as funções fisiológicas da tripulação de forma dinâmica, tanto no pré-voo (seleção, retenção), quanto durante o voo (seleção, retenção, aprimoramento de desempenho), como também na etapa depois do voo (avaliação de efeitos fisiológicos crônicos) (Russo; Stetz; Thomas, 2005; Thomas; Russo, 2007).

O desenvolvimento tecnológico proporcionou avanços nas aeronaves, tanto nos projetos ergonômicos, como na informatização dos sistemas de controle, o que provocou um impacto positivo na segurança de voo, porém, continua-se a constatar em todo o mundo, a permanência do fator humano como destaque nas causas de acidentes aeronáuticos. As cargas estressoras nas quais os pilotos militares se submetem são extremas, de forma que o despreparo, ou a falta de percepção dos sintomas físicos pode levá-los à falência física (Carpenter; Allum; Honegger, 2001; Comando da Aeronáutica, 2016).

As altas forças Gz encontradas na aviação militar, principalmente durante o voo acrobático, produzem uma série de respostas fisiológicas, o que pode reduzir a capacidade operacional do piloto e ainda ameaçar a segurança do voo por meio da perda de consciência induzida por Gz (G-LOC) (Hargens; Bhattacharya; Schneider, 2013). A carga Gz pode ser classificada positiva quando a componente de aceleração é contrária a força peso e tem intensidade superior à da gravidade ($9,8\text{m/s}^2$) (Scott *et al.*, 2007). Esse fator provoca a oscilação do fluxo sanguíneo do piloto, o que resulta em alterações cardiovasculares, aumento do gradiente hidrostático e redução da perfusão cerebral (Tripp *et al.*, 2006; Han *et al.*, 2009; Hargens; Bhattacharya; Schneider, 2013).

Diante disso, as ferramentas disponíveis na medicina aeroespacial, embora sejam de suma importância, acabam não sendo suficientes para compreender adequadamente as capacidades operacionais e as dinâmicas de desempenho em voo, dada a velocidade com que se desenvolve a indústria aeroespacial (Hardy; Parasuraman, 1997; Evans *et al.*, 2009; Steinkraus *et al.*, 2012). Segundo Silva (2016) e Newman e Callister (2008), um dos maiores desafios para avaliar a capacitação e treinamento de pilotos é o monitoramento do desempenho fisiológico da tripulação durante o voo. Estudos apontam que para o melhor gerenciamento dos riscos de acidentes aéreos, devemos entender as limitações impostas pela estrutura do cérebro (fisiológica e psicológica) durante ação de pilotagem (Carpenter; Allum; Honegger, 2001; Han *et al.*, 2009).

Dentre estas possibilidades de monitoramento de variáveis fisiológicas durante a dinâmica operacional de voo, a análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) vem ganhando destaque no meio acadêmico como um instrumento de análise de possíveis adaptações ao ambiente aeroespacial (Newman; Callister, 2008; Hargens; Bhattacharya;

Schneider, 2013; Sá, 2015). A Força-Tarefa da *European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology* demonstraram que a VFC é uma técnica reconhecidamente capaz de identificar e avaliar as alterações cardiovasculares, por meio do Sistema Nervoso Autônomo (SNA) e estabeleceram diretrizes para testar equipamentos projetados para medir e registrar VFC. Além disso, ela pode ser utilizada para investigar e quantificar a regulação autonômica cardíaca, sendo um bom preditor para identificar fatores de riscos cardíacos e até mesmo ser utilizado como um marcador do tipo psicológico, como o estresse (Task Force, 1996; Berntson; Cacioppo; Grossman, 2007; Silva, 2016).

Nos últimos anos, pesquisadores analisaram e validaram o uso de monitores de frequência cardíaca (FC) em comparação com um eletrocardiógrafo, para realizar o registro da VFC, o que tornou ampliou as possibilidades de avaliações associado a um baixo custo operacional (Vanderlei *et al.*, 2008; Giles; Draper; Neil, 2015). Dessa forma, estudos em diversos campos foram desenvolvidos com monitores de FC, sendo o da marca Polar® validado para realizar registros semelhantes aos eletrocardiográficos podendo, inclusive, ser utilizado para registro da VFC durante o voo (Sassi *et al.*, 2015; Valenti, 2015; Silva, 2016; Mendes *et al.*, 2021).

Estudos sobre a análise das respostas da VFC em pilotos são escassos na literatura e, os que realizaram o teste ortostático, não apresentaram diferenças significantes, possivelmente em virtude do nível de exigência gravitacional menor, quando comparado com o estresse do voo acrobático (Newman; Callister, 2009; Sá, 2015). Os poucos estudos que foram realizados em voo, apresentaram limitações ligadas a questões de doutrina e a própria segurança operacional da atividade militar, o que aparenta ser um fator restritivo para aprimorar o desenvolvimento das pesquisas em desempenho humano operacional no público pilotos e aeronavegantes militares (Zenon *et al.*, 2003; Sá, 2015; Silva, 2016).

Dessa forma, o registro da FC e VFC durante o voo acrobático pode contribuir para identificar padrões que se relacionem com a capacidade operacional dos pilotos de caça da Força Aérea Brasileira (FAB) (Albuquerque, 2012; Silva, 2016). Assim o presente projeto de pesquisa buscou conceber prognósticos quanto as respostas autonômicas de pilotos com diferentes níveis de experiências em horas de voo em exposição a alterações constantes de altitude e carga G, durante um voo acrobático controlado e monitorado.

1.3 QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA E HIPÓTESE

Devido aos ambientes austeros e à alta demanda de trabalho físico exigido nas tarefas da missão, os membros do serviço militar devem manter um nível de aptidão física maior do que a população civil. No caso da aviação de combate, um satisfatório desempenho operacional de um piloto militar é influenciado pela sua adaptação ao ambiente aeroespacial (Roy *et al.*, 2010; Steinkraus *et al.*, 2012).

A saliência, nessa perspectiva, deve-se ao fato de que, dada a acelerada natureza na evolução tecnológica das aeronaves de combate, os pilotos estão sendo cada vez mais expostos aos efeitos deletérios do ambiente aeroespacial (Newman; Callister, 2009). Com o propósito de preparar estes militares aos riscos decorrentes da exposição ao ambiente de hipergravidade e, ao mesmo tempo, prevenir desses efeitos e promover melhor desempenho na demanda operacional, os especialistas da medicina aeroespacial estão sendo desafiados a desenvolver métricas para o monitoramento das demandas fisiológicas e de desempenho do piloto durante o voo (Thomas; Russo, 2007; Steinkraus *et al.*, 2012).

Com fundamento nessa perspectiva, foi formulada a seguinte questão de investigação:

A quantidade de horas de voo está relacionada a uma maior tolerância as alterações de altitude e carga Gz?

Perfazendo esta questão de investigação, analisamos as respostas autonômicas cardiovasculares, por meio da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) de pilotos durante um de voo de instrução controlado. Para melhor responder à questão formulada, foram estipuladas as seguintes hipóteses:

- **H0:** Não existe diferença nas variáveis da VFC entre os blocos do voo acrobático num público com diferentes horas de voo; e
- **H1:** Existe diferença nas variáveis da VFC entre os blocos do voo acrobático num público com diferentes horas de voo.

Preliminarmente, sugerimos de maneira afirmativa, que o desenho deste estudo, com o voo acrobático controlado, provoca alterações nas variáveis da VFC, fazendo-nos refletir e percorrer em direção a estas outras hipóteses:

- **H0:** Não existe diferença nas variáveis da VFC entre os grupos de pilotos e não-pilotos com diferente nível de experiência em horas de voo, nos blocos do voo acrobático; e
- **H1:** Existe diferença nas variáveis da VFC entre os grupos de pilotos e não-pilotos com diferente nível de experiência em horas de voo, nos blocos do voo acrobático.

1.4 OBJETIVOS

Analisar as respostas autonômicas cardiovasculares, por meio da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) de pilotos e não pilotos em voo, com alteração de altitude e carga Gz e verificar a relação com o nível de experiência em horas de voo acrobático controlado.

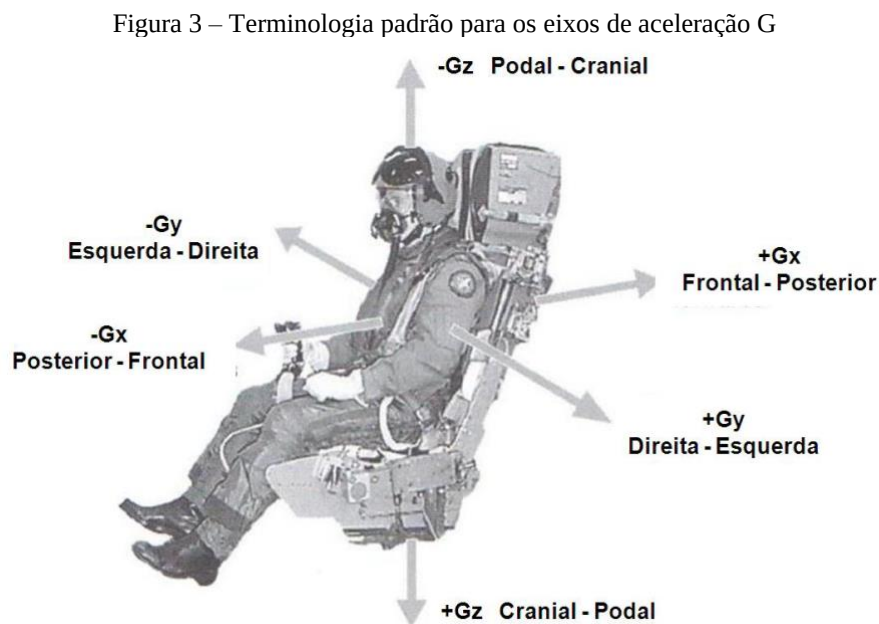
Objetivos específicos

- a) Identificar perfil antropométrico, nível de potência anaeróbia, capacidade cardiorrespiratória e experiência de voo, de acordo com a quantidade de horas de voo totais e de voo acrobático da amostra;
- b) Desenvolver um desenho metodológico para avaliação da VFC de pilotos em voo, que atenda aos preceitos acadêmicos e às exigências de segurança operacionais;
- c) Registrar as respostas autonômicas cardiovasculares da amostra, durante voo com o mesmo perfil acrobático e analisar as respostas por blocos do voo, de acordo com as alterações de altitude e força Gz; e
- d) Comparar os resultados da VFC e frequência cardíaca (FC) da amostra, com o mesmo perfil físico, divididos em grupos com diferentes experiências de horas de voo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FISIOLOGIA AEROESPACIAL

No ambiente aeroespacial, o piloto é exposto a grandes variações de pressão, temperatura, vibração, além da influência de forças acelerativas extremas. Segundo o princípio da equivalência de Albert Einstein (1879-1955), a força da gravidade é equivalente a um vetor de aceleração e na superfície da terra, esse valor é uma constante de $9,80\text{m/s}^2$, o que equivale a força de 1G. Na fisiologia aeroespacial, a aceleração é especificada em 3 eixos: Eixo X – sagital, Eixo Y – transversal e Eixo Z – longitudinal. O sentido da força G é padronizada como positiva no eixo X, quando segue do plano frontal para o posterior, no eixo Y, quando segue da direita para a esquerda e no eixo Z, quando segue o crânio para o podal, conforme a Figura 3 (Scott *et al.*, 2007; Gradwell; Rainford, 2016).



Fonte: Adaptado de Gradwell e Rainford (2016. p.134)

De forma a possibilitar um maior entendimento sobre as percepções de aceleração e direção em eixo, está descrita no Quadro 1 as sensações, conforme descrito por Banks *et al.* (2008) e adaptado por Silva (2016).

Quadro 1- Percepção de aceleração nos eixos X, Y e Z

DIREÇÃO E EIXO	SENSAÇÃO
+ Gx	Quando se pisa no acelerador de um veículo e ele arranca rapidamente.
- Gx	Quando se pisa no freio, fazendo com que o veículo pare de maneira abrupta.
+ Gy	Quando a força vai exercer pressão sobre o braço esquerdo.
- Gy	Quando a força vai exercer pressão sobre o braço direito.
+ Gz	Quando se tem a sensação de estar sendo empurrado para baixo.
- Gz	Quando se tem a sensação de estar sendo lançado para cima.

Fonte: Silva, 2016.

Os efeitos da exposição a Força Gx são mais estudados para viagem espaciais, tendo em vista que para resistir os valores de aceleração do lançamento e da reentrada, que podem alcançar valores de +4 a +6 G's, adota-se a posição supina. Os astronautas apresentam uma maior tolerância a Força Gx suportando +8G por seis minutos, sem auxílio de pressão positiva de oxigênio, podendo chegar a +14 a +15Gx por um período de até 150 segundos. Já os efeitos da Força Gy são poucos estudados em virtude de valores em voos acrobáticos de alta performance ficarem por volta de +/- 2Gy, com um período curto e apenas durante a execução de curvas com um grande ângulo de ataque, o que não implica em efeitos fisiológicos agudos (Gradwell; Rainford, 2016).

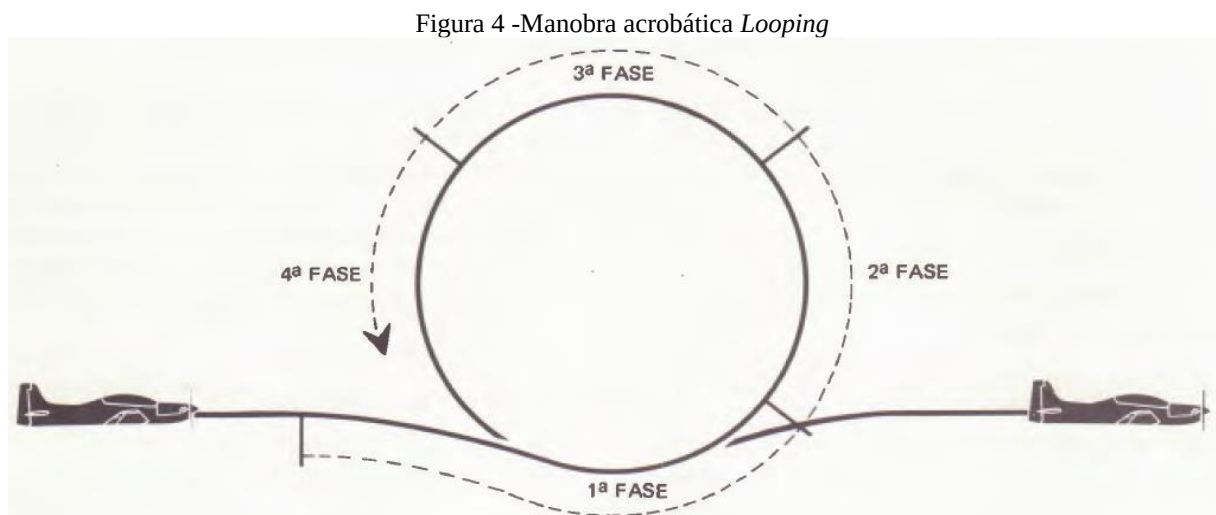
2.2 CARACTERÍSTICA DA INSTRUÇÃO AÉREA NA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA

A Academia da Força Aérea, dentre outras atribuições, é responsável pelo Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv). Os cadetes dos CFOAv são inseridos no ambiente aeroespacial por meio do estágio primário, desenvolvendo o início da instrução aérea no 2ºEIA, voando a aeronave T-25 Universal. No último ano de formação, o cadete participa do estágio básico no 1ºEIA, voando a aeronave T-27 Tucano. Esse estágio é composto das fases de Pré-solo, manobras e acrobacias, voo por instrumentos, voo noturno, navegação aérea visual, navegação aérea por meio de instrumentos de voo, voo de formatura com duas aeronaves e com quatro aeronaves.

Na fase de voo de formatura, os voos seguem um rígido cronograma, previsto no Programa de Instrução e Manutenção Operacional (PIMO) da AFA, que consiste no treinamento de uma série de manobras com a aeronave a fim de capacitar o piloto a acompanhar

o Líder nas evoluções acrobáticas, preparando para uma situação de combate. Nessa fase são empregadas ao menos duas aeronaves, onde uma vai à frente, na função de Líder, e a outra aeronave segue atrás, na posição de Ala, onde fica o cadete em instrução. Considerando que a aeronave que segue à frente, normalmente segue com o assento do 2º piloto desocupado e o perfil de voo segue um rígido cronograma para a instrução aérea, esse estudo buscou traçar um modelo metodológico para avaliação em voo. O detalhamento do desenho experimental da avaliação em voo está descrito no item 3.6.2.

Nesse contexto, uma das acrobacias que são realizadas é denominada de *looping*, o qual a aeronave descreve um círculo no plano vertical, com a cabeça do piloto voltada para o centro. Nessa acrobacia a carga Gz varia desde a aceleração de +1,0Gz para +3,0Gz na 2ª, para +1,0Gz (+/- 0,5Gz) na 3ª fase, retornando para +3,0Gz (+/- 0,5Gz) na 4ª fase, conforme descrito na Figura 4.



Fonte: Brasil, 1988.

2.3 EFEITOS FISIOLÓGICOS DA FORÇA Gz

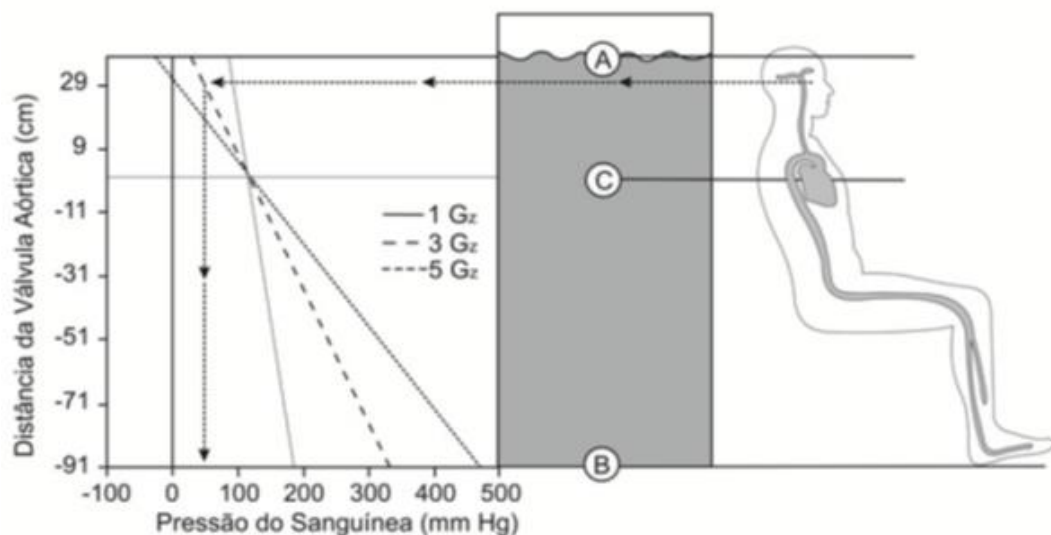
A quantidade de pilotos ao redor do mundo que são regularmente expostos a altas acelerações de Força +Gz é relativamente pequena, ficando restritos a poucas centenas, em sua maioria, pilotos militares. Embora haja pilotos civis que executem manobras acrobáticas, poucos são os que atingem altas cargas e suas aeronaves, de forma geral, não são capazes de sustentar altos valores de +Gz por períodos mais prolongados, o que limita a respostas fisiológicas agudas. Na aviação militar, os valores de exposição às acelerações dependem do tipo e capacidade da aeronave operada, porém a maioria dos tripulantes são expostos a pelo menos +3Gz durante um longo período de treinamento de voo. No caso do treinamento para

voo básico é empregada a aeronave EMB 312 - T-27 Tucano, que tem capacidade de carga máxima de +6Gz e -3Gz, porém para a instrução aérea, esses valores são limitados de +3Gz e -1Gz (Gradwell; Rainford, 2016; EMBRAER, 2019; Comando da Aeronáutica, 2021a).

A exposição a altas cargas +Gz provoca profundos efeitos no sistema cardiovascular, iniciando com sintomas visuais como o *Gray-out*, chegando à perda momentânea da visão, o *Black-out*, a depender da intensidade da aceleração, normalmente superior a +4,5Gz, a perda de consciência induzida pela força G (*G-induced loss of consciousness* – G-LOC). Estes efeitos são provocados pela ação da força no sentido da cabeça para os pés (eixo positivo da força Gz), o que acarreta a redistribuição do sangue. Quanto maior a força +Gz, maior será a pressão arterial nos membros inferiores (Eiken; Mekjavic; Sundblad, 2012; Gradwell; Rainford, 2016; Silva, 2016).

No sentido oposto, em virtude da ação da variação de pressão hidrostática, a PA ao nível dos olhos de um adulto comum exposto à aceleração de +1Gz, é de aproximadamente 22mmHg menor do que a força encontrada na saída do coração. Considerando uma PA média de 110mmHg, quando o piloto for exposto a força de +5Gz, desconsiderando possíveis efeitos compensatórios, a pressão ao nível dos olhos pode chegar a 0mmHg, conforme ilustrado na Figura 5 (Gradwell; Rainford, 2016).

Figura 5 – Pressão Arterial de acordo com a Força Gz



Fonte: Adaptado de Davis *et al.* (2008, p. 88)

As altas forças acelerativas do voo acrobático impõem alterações extremas no funcionamento do sistema cardiovascular, provocando aumento no tamanho das artérias e veias e redução da resistência periférica. Essas mudanças afetam os barorreceptores arteriais elevando a vasoconstrição, visando o restabelecimento da homeostase e regulação da pressão periférica

(Eiken; Mekjavic; Sundblad, 2012). Um dos efeitos consiste na redistribuição de volume sanguíneo para o meio intersticial e para os tecidos na região abaixo do coração, diminuindo o volume oncótico e retorno venoso (Davis *et al.*, 2008). Segundo Joyner e Limberg (2014) a redução de volemia no sistema cardiovascular é similar à perda de sangue do indivíduo, o que afeta o controle de pressão, acionando mecanismos compensatórios. Entretanto, como citado por Silva (2016), é importante salientar que as respostas cardíacas sofrem influência de outros fatores, com uma atenção especial a temperatura ambiente e o nível de hidratação do indivíduo, pois estes afetam diretamente no volume desse sistema.

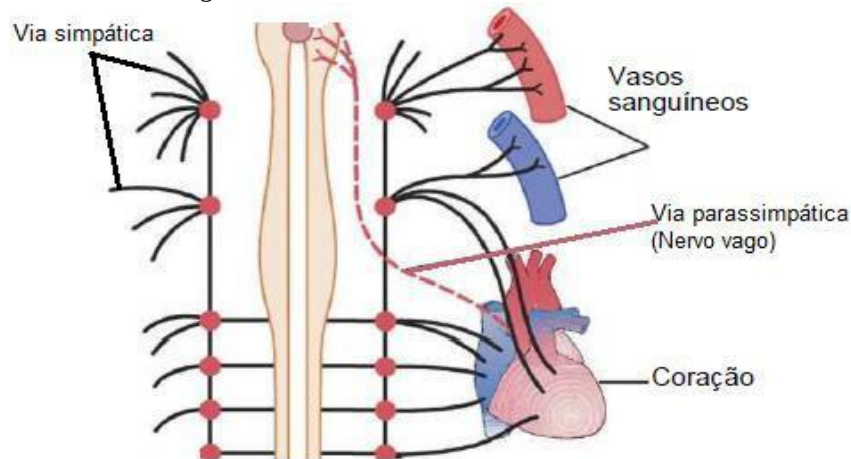
2.4 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

O sistema circulatório cardiovascular é alimentado por um músculo que funciona sem parar durante toda a vida do ser humano, e a sua frequência de batimentos é controlada pelo sistema nervoso com o propósito de restabelecer o equilíbrio hemodinâmico. Esse sistema possui a participação de vários órgãos e a sinalização nas vias eferentes, que indicam quais ações são necessárias em cada determinado momento e, além das respostas agudas, ocorrem adaptações crônicas diante do estresse enfrentado pelo indivíduo (Guyton; Hall, 2016).

A regulação desse sistema ocorre de forma rápida por causa da ação do Sistema nervoso autônomo (SNA), em consequência aos estímulos dos barorreceptores arteriais, cardiopulmonares e musculares, que fazem parte da via aferente. As respostas e o controle cardíacos ocorrem por meio da via eferente, que são constituídas pelos ramos simpáticos e parassimpáticos. O primeiro aumenta significativamente a atividade cardíaca, tanto em aumento da frequência quanto no volume sanguíneo (débito cardíaco). Já o segundo atua no sentido de redução da FC e força contrátil (Davis *et al.*, 2008; Joyner; Limberg, 2014; Guyton; Hall, 2016).

Na Figura 6, Guyton e Hall (2016) ilustram a anatomia de controle do SNA com uma linha preta contínua a via simpática e com uma linha vermelha tracejada a via parassimpática, composta pelos nervos vagos.

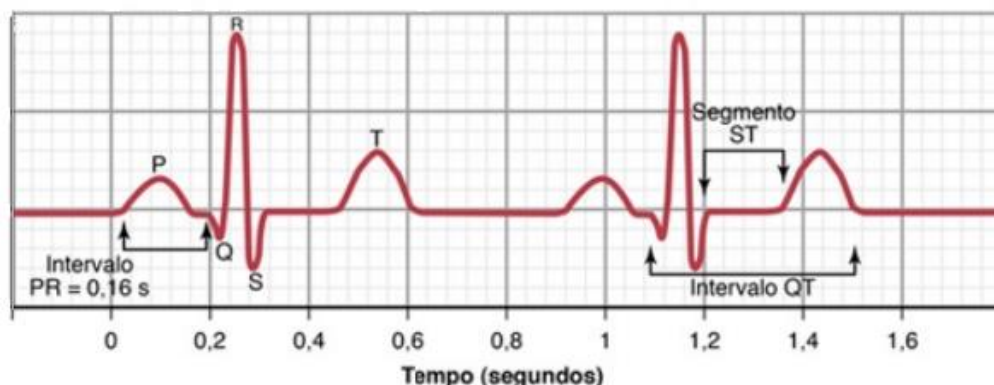
Figura 6 – Anatomia do controle do sistema nervoso autônomo



Fonte: Adaptado de Guyton e Hall, 2016.

Para avaliar essas respostas do sistema cardiovascular, estudos demonstraram que a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é um método simples, de baixo custo e não invasivo que pode identificar e quantificar a atividade do SNA (Zenon *et al*, 2003; Vanderley *et al*, 2008). A análise da VFC se dá por meio do registro do período de intervalo de dois picos de onda R (RR), em virtude do maior potencial elétrico dentro do complexo PQRST. Os parâmetros analisados são divididos em lineares, com resultados no domínio da frequência e do tempo, e em parâmetros não lineares, tendo em vista que as respostas nos seres humanos são, em sua maioria, variáveis. Nesses domínios, os algoritmos obtidos indicam a prevalência do ramo simpático e/ou parassimpático constituindo a modulação autonômica (Vanderlei *et al*, 2009). Para um melhor entendimento, a Figura 7 caracteriza um Eletrocardiograma (ECG) com o segmento PQRST normal.

Figura 7 – Eletrocardiograma normal



Fonte: Adaptado de Guyton e Hall, 2016.

Em virtude dos avanços tecnológicos, equipamentos portáteis vêm sendo utilizados em mais diversos tipos de desafios: como respostas em atletas de elite (Reilly; Bangsbo; Franks, 2000) e própria modulação autonômica em pilotos (Sauvet *et al.*, 2009; Sá, 2015; Silva, 2016). Contudo, segundo a Task Force (1996), os registros devem conter, no mínimo, 256 intervalos RR e quanto maior for, mais confiável será o resultado. E ainda, segundo Silva (2016) para que essa importante ferramenta possa ser amplamente utilizada, deve-se tornar a interpretação dos resultados mais simples e objetiva.

Cabe ressaltar que apenas a análise dos parâmetros lineares não é suficiente para caracterização da amostra de FC, em virtude da predominância da rápida resposta para restabelecer o equilíbrio hemodinâmico (Task Force, 1996; Vanderlei *et al.*, 2009).

Para interpretação dos resultados da VFC, consta no Quadro 2 os índices e os respectivos componentes autonômicos que serão analisados neste estudo.

Quadro 2 – Índices e componentes autonômicos

ÍNDICES	DESCRIÇÃO	COMPONENTE AUTONÔMICO	PARÂMETRO
FC	Frequência Cardíaca	Simpático e vagal	DOMÍNIO DE TEMPO
RR	Medida dos intervalos R-R	Simpático e vagal	
SDNN	Desvio padrão de todos os intervalos RR normais.	Simpático e vagal	
RMSSD	Raiz quadrada da soma das diferenças sucessivas entre intervalos RR normais adjacentes ao quadrado.	Vagal	
SD1	Desvio padrão dos intervalos R-R instantâneos (período de 256 intervalos ou mais)	Vagal	NÃO-LINEAR

Fonte: Adaptado de Task Force, 1996.

Por fim, é importante salientar que vários fatores podem interferir nas respostas da VFC, e para o correto registro da VFC, deve-se controlar as variáveis, como o nível de descanso, atividade física e a próprio nível de hidratação do indivíduo, para que não houvesse o consumo de substâncias estimulantes ou diuréticas (*eg.* Café, álcool.) (Silva, 2016; Rodriguez, 2019).

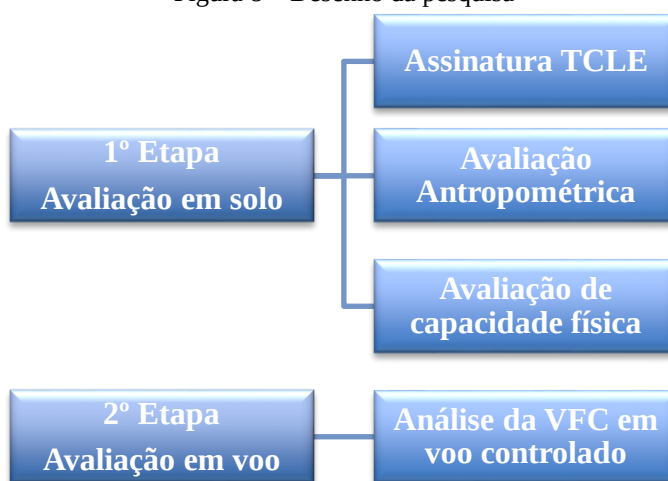
3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

A corrente investigação é um modelo transversal e comparativo, e foi desenvolvido no 1º EIA que fica na AFA, sendo composto por militares, do sexo masculino, aeronavegantes, pilotos instrutores e pilotos da Esquadrão de Demonstração Aérea (EDA). Avaliou-se a FC e VFC durante um voo acrobático controlado a bordo da aeronave T-27 Tucano.

A pesquisa foi subdividida em duas fases, conforme descrito na Figura 8:

Figura 8 – Desenho da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 PROCEDIMENTOS ÉTICOS

O presente estudo foi submetido e aprovado com o parecer nº 46959221.0.0000.8928 pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital de Força Aérea de São Paulo (HFASP) e, visando atender ao disposto na Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS) Nº 196/96, todos os envolvidos foram informados do rigor ético e na garantia do sigilo no tratamento dos dados coletados. Todos os voluntários que foram avaliados, formalizaram sua participação por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A).

Para realização do estudo, o desenvolvimento do desenho experimental foi submetido para análise e aprovação primeiramente pela Seção de Prevenção e Investigação de Acidentes Aeronáuticos (SIPAA) do 1ºEIA, após, obteve aprovação dos Comandantes do 1ºEIA, da Divisão de Operações Aéreas da AFA e do Comandante do EDA. Por fim, o estudo foi submetido para aprovação do Comandante da AFA, então seguiu para aprovação do CEP-HFASP.

3.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA

Inicialmente, 61 militares aeronavegantes se apresentaram para realizar a 1ª Etapa do estudo, que consistiu na avaliação em solo. Após a assinatura do TCLE, os voluntários preencheram uma ficha de anamnese (APÊNDICE B), visando cumprir o critério de inclusão / exclusão do presente estudo. Na sequência os voluntários foram divididos em três grupos, de acordo com o nível de experiência em horas de voo, conforme segue:

- a) **Grupo de Aeronavegantes (AERO)** - Composto por militares aeronavegantes (não instrutores) do QT do T-27, com experiência de até 500 horas de voo;
- b) **Grupo de Pilotos Instrutores (INSTR)**: Composto por pilotos instrutores do 1ºEIA, com 500 a 2000 horas de voo; e
- c) **Grupo de pilotos do Esquadrão de Demonstração Aérea (EDA)**: Composto por pilotos do EDA, com experiência de voo superior a 2000 horas de voo.

3.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

- a) Os critérios para inclusão na pesquisa foram:

- I. Estar apto na avaliação antropométrica da aeronave T-27;
- II. Estar apto nas provas de instruções técnicas, previstas no PIMO da AFA;
- III. Estar apto na Inspeção de Saúde da Aeronáutica;
- IV. Apresentar questionário de prontidão para atividade física (Par-Q) negativo; e
- V. Aceitar e assinar o TCLE.

- b) Os critérios de exclusão da pesquisa foram:

- I. Estar impossibilitados de voar;
- II. Estar fora dos parâmetros antropométricos da aeronave T-27;
- III. Fazer uso de medicamentos ou suplementos neuro estimulantes (eg. Café, álcool);
- IV. Não participar dos testes dentro dos prazos estipulados; e
- V. Não seguir os protocolos e as orientações deste estudo.

3.5 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS, PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS

O estudo foi composto de uma fase preparatória, onde foram realizadas reuniões com os comandantes do 1ºEIA e Divisão de Operações Aéreas (DOA), momento em que foi exposto o projeto de pesquisa, apresentada e demonstrada a aplicação do protocolo de fixação de equipamento de gravação na nacele da aeronave, no posto do 2º piloto da aeronave T-27, conforme Apêndice D. Após aprovação do desenho experimental pelo Comandante da AFA e posterior aprovação pelo CEP-HFASP, teve-se início o desenvolvimento das avaliações, iniciando com a 1ª Etapa, que consistiu nas avaliações de solo. Após essa etapa, foram formados grupos, randomizados, cuja única diferença consistiu na experiência em horas de voo. Esses grupos participaram da 2ª Etapa, no qual ocorreram as avaliações em voo. Por fim, foi realizado tratamento e análise estatística dos dados, por meio de softwares específicos (Polar, Kubios HRV, Randomization e JASP TEAM).

3.5.1 1ª Etapa: Avaliação em solo

Nesta etapa, o presente estudo foi apresentado para o grupo de militares habilitados e autorizados a voar na aeronave T-27. Os voluntários assinaram o TCLE, aos quais foram garantidos o sigilo das informações pessoais, confidencialidade e total acesso aos resultados individuais da pesquisa.

Após, para caracterização da amostra, os voluntários preencheram uma ficha de anamnese, para registrar em qual perfil se enquadra dentro de cada QT, qual a experiência de voo em horas totais e em horas em voo acrobático. Por fim, foi preenchido o Questionário de Prontidão para Atividade Física (Par-Q) (Apêndice B).

Para realização da avaliação antropométrica foram coletadas as medidas de massa corporal (Kg), estatura (cm), e gordura corporal (%) através do método de 7 dobras cutâneas (Subescapular, Tricipital, Peitoral, Axilar média, Supra-iliaca, Abdominal e Femoral médio), conforme ficha de avaliação constante no Apêndice C (*American College of Sports Medicine*, 2014).

Para avaliação da massa corporal foi utilizada a balança digital Ramuza modelo DP 200, capacidade de carga mínima de 01 kg e máxima de 200 kg, divisão de 50 g e classe de exatidão III. Para a estatura foi utilizado um estadiômetro do tipo fixo CONTEK, com campo de medição de 0 a 200cm e resolução em milímetros. Para medição das dobras cutâneas foi utilizado um plicômetro CESCORF Científico Tradicional, com sensibilidade de 0,1mm, pressão de 10g/mm² e amplitude de leitura de 85mm e leitura em mm. Foram realizadas três medições,

caso houvesse diferença superior a 5%, uma nova medição seria realizada (Reilly; Bangsbo; Franks, 2000).

Para a avaliação do nível de potência anaeróbia e capacidade cardiorrespiratória foi realizado o *Running-based Anaerobic Sprint-Test* (RAST-TEST), para calcular os valores de Potência Máxima (POT MAX), Potência Média (POT MÉDIA) e o Índice de Fadiga (IF). Esse é um teste de campo de alta intensidade e curta duração, onde os voluntários realizaram seis corridas dentro de um percurso de 35 metros, com um intervalo de 10 segundos entre cada corrida. Para garantir a segurança do voluntário, foi realizada a aferição da FC de repouso antes de iniciar o teste (Asano *et al*, 2013; Lizana *et al.*, 2013; Queiroga *et al.*, 2013; Mezencio *et al.*, 2014).

Também foram utilizados os resultados do último Teste de Avaliação do Condicionamento Físico no Comando da Aeronáutica (TACF) realizado pela amostra. O TACF segue um rigor metodológico para sua aplicação, iniciando com o controle da FC de repouso antes do início da avaliação, além da realização de uma anamnese das condições iniciais do militar. Após foram realizados exercícios localizados, flexão e extensão dos membros superiores com apoio de frente sobre o solo, flexão de tronco sobre as coxas (número máximo de repetições no tempo de um minuto), para aferição do nível de potência anaeróbia e para avaliação da capacidade cardiorrespiratória, foi realizado o de corrida, que consiste no resultado obtido em função da distância percorrida pelo avaliado dentro do intervalo de 12 minutos (Comando da Aeronáutica, 2020a).

3.5.2 Randomização dos Grupos Estudados

Ao final dessa 1ª Etapa, os resultados obtidos na avaliação em solo foram analisados por um programa computacional gerador de aleatorização (Randomization 1.0). Este programa realizou uma randomização dos resultados dos seguintes itens estabelecidos previamente pela coleta de dados:

- a) **Dados antropométricos:** massa corporal, estatura e percentual de gordura corporal;
- b) **Dados de avaliação física:** resultados do teste de flexão de braço, do teste abdominal e de corrida de 12 minutos do TACF, e;
- c) **Dados da experiência em voo:** horas acumuladas em voo acrobático, intragrupo.

Este procedimento teve por finalidade garantir a formação de grupos aleatórios e homogêneos, cuja única diferença entre os grupos ficou com o nível de experiência em horas de voo acrobático. Além disso, foram excluídos do estudo os participantes que desistiram ou deixaram de cumprir alguma das etapas previstas.

A quantidade de voluntários que participaram das avaliações, do início da 1ª Etapa até o final da 2ª Etapa, foram distribuídos nos seguintes grupos:

- a) **Grupo AERO:** Amostra selecionada de oito (8) voluntários dos vinte (20) militares que participaram das avaliações;
- b) **Grupo INSTR:** Amostra selecionada de treze (13) voluntários dos trinta (30) pilotos militares que participaram das avaliações; e
- c) **Grupo EDA:** Amostra selecionada de oito (8) voluntários de onze (11) pilotos militares que participaram das avaliações.

3.5.3 2ª Etapa: Avaliação em voo

Para realizar essa etapa, os voluntários foram orientados a respeitar um intervalo mínimo de 48h sem realizar atividade física de moderada para intensa e abster-se de consumir álcool, cafeína ou qualquer substância similar, além de seguir o protocolo de hidratação, que consistiu manter-se regularmente hidratado, principalmente com a ingestão de 500ml de água à noite, antes de se deitar, 500 ml de manhã ao se levantar e 500 ml antes de realizar a preparação para a avaliação em voo (Rodriguez, 2019).

O desenho metodológico da avaliação em voo utilizou as missões da etapa de Formatura do estágio de instrução aérea básica, ministrada pelo 1ºEIA, em virtude da rigorosa padronização, perfil e execução dos exercícios e disponibilidade operacional, conforme será descrito a seguir (Comando da Aeronáutica, 2021b).

Durante essa etapa da instrução aérea são utilizadas duas aeronaves T-27, sendo a de trás composta por um cadete e um instrutor enquanto a outra que segue à frente, geralmente, prossegue com apenas um piloto, um instrutor responsável pela condução do voo, execução dos exercícios dentro do perfil e tempos previstos, de acordo com as orientações contidas no Manual de Procedimentos do 1º EIA (Comando da Aeronáutica, 2021a).

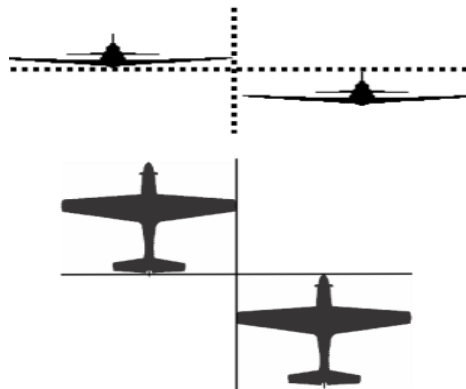
Em virtude da grande quantidade de voos de instrução, com o mesmo perfil de exercícios, não impactar na instrução do cadete, não haver custos adicionais para realização da avaliação em voo e, por fim, pela disponibilidade do assento do 2º piloto da aeronave do líder

(que segue à frente), que normalmente fica desocupada e não ocorrer alterações de perfil e cargas acelerativas nessa aeronave, haja visto que o cadete aviador está em instrução na outra aeronave, o desenho metodológico deste estudo utilizou essa fase do Curso ministrado pelo 1ºEIA (Comando da Aeronáutica, 2021b).

Para registrar a VFC foi utilizado o relógio frequencímetro da marca Polar®, modelo V800 e, para sincronizar esses dados com as etapas do voo, foi realizado o procedimento de gravação do voo, por meio de uma câmera da marca GoPro®, que foi fixada no interior da aeronave, conforme protocolo constante no Apêndice D (Pires, 2014).

A Figura 9 ilustra a posição prevista das aeronaves para a etapa de Formatura 2 aviões no 1ºEIA.

Figura 9 – Posição das aeronaves - Formatura 1º EIA



Fonte: Brasil, 2021.

O desenho experimental para avaliação em voo foi constituído de 11 (onze) blocos, de acordo com as seguintes características:

- 1) **Bloco 1 – Pré-voo:** Fase preparatória, ocorre no dia do voo, em momento anterior ao briefing geral com os pilotos envolvidos na instrução aérea. Ocorre na sala da aeromedicina do 1ºEIA, onde é colocado o equipamento relógio frequencímetro e cinta da Polar® no voluntário. Nessa fase, o registro se inicia com o voluntário na posição de decúbito dorsal por 10 minutos, para aferição da FC de repouso;
- 2) **Bloco 2 – Solo-1:** Consiste no momento de fechamento da capota da aeronave, dentro do hangarete, até o momento anterior a decolagem;

- 3) **Bloco 3 – Nivelado:** Caracterizado pela aeronave voo, sem a ação de forças acelerativas, momento em que ocorre o posicionamento das aeronaves na área de instrução;
- 4) **Bloco 4 – Sequência Acrobática 1 (S.A.1):** Caracterizado pelo início dos exercícios previstos para a missão, ocorrendo alteração de altitude e carga Gz, oscilando de 0 Gz até +3,5 Gz, compreendendo manobras e acrobacias (eg. *Looping*);
- 5) **Bloco 5 – Recuperação 1 (REC1):** Momento imediatamente posterior a fim da execução da sequência acrobática, nesse bloco não há a ação de forças Gz significantes;
- 6) **Bloco 6 – Sequência Acrobática 2 (S.A.2):** Similar ao bloco S.A.1, caracterizado pela alteração de altitude e força Gz;
- 7) **Bloco 7 – Recuperação 2 (REC2):** Bloco semelhante ao REC1, sem a presença de força Gz significativa;
- 8) **Bloco 8 – Sequência Acrobática 3 (S.A.3):** Bloco semelhante aos S.A.1 e S.A.2, com a presença de alteração de altitude e força Gz;
- 9) **Bloco 9 – Recuperação 3 (REC3):** Bloco semelhantes ao REC1 e REC2, sem a presença de força Gz significativa, caracterizado pela descida e regresso da área de instrução;
- 10) **Bloco 10 – Solo-2:** Caracterizado pelo momento após o pouso, até o corte do motor, dentro do hangarete, com a abertura da capota da aeronave; e
- 11) **Bloco 11 – Pós-voo:** Semelhante ao bloco Pré-Voo, momento realizado na sala da aeromedicina do 1ºEIA, com o voluntário na posição de decúbito dorsal por 10 minutos, para aferição da FC de repouso após o voo.

A divisão e descrição das 11 fases do desenho experimental do voo estão descritas na Figura 10.

Figura 10 - Desenho experimental da avaliação em voo

1º Pré-Voo	•Altitude - solo / 2000ft •Variação Gz - não há •Sala da aeromedicina do 1ºEIA
2º Solo-1	•Altitude - solo / 2000ft •Variação Gz - não há •Desde a amarração na aeronave até a decolagem
3º Nivelado	•Altitude - 12.000ft •Variação Gz - 1Gz (+/- 0,2) •Estabilização na altitude de 12.000ft e reposicionamento na área
4º Sequência Acrobática-1	•Altitude - 6.000 à 12.000ft •Variação Gz - 0 à 3,5Gz •Execução de sequência acrobática, conforme plano de instrução
5º Recuperação-1	•Altitude - de 6.000 à 12.000ft •Variação Gz - 1Gz (+/- 0,2) •Subida com razão aproximada de 500 à 1.000ft/min, curva máx de 30º
6º Sequência Acrobática-2	•Altitude - 6.000 à 12.000ft •Variação Gz - 0 à 3,5Gz •Execução de sequência acrobática, conforme plano de instrução
7º Recuperação-2	•Altitude - de 6.000 à 12.000ft •Variação Gz - 1Gz (+/- 0,2) •Subida com razão aproximada de 500 à 1.000ft/min, curva máx de 30º
8º Sequência Acrobática-3	•Altitude - 6.000 à 12.000ft •Variação Gz - 0 à 3,5Gz •Execução de sequência acrobática, conforme plano de instrução
9º Recuperação-3	•Altitude - de 6.000 à 4.000ft •Variação Gz - 1 à 2Gz •Descida gradativa com razão de 500ft/min
10º Solo-2	•Altitude - solo / 2000ft •Variação Gz - não há •Desde o pouso até a abertura do canopi da aeronave
11º Pós-Voo	•Altitude - solo / 2000ft •Variação Gz - não há •Sala da aeromedicina do 1ºEIA

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Para análise das respostas autonômicas cardiovasculares, os dados coletados pelo relógio frequencímetro Polar V800, foram transferidos do programa do mesmo fabricante do equipamento, que foi o programa Polar Flow. Os arquivos foram carregados no programa Kubios HRV, para análise, tratamento e estratificação dos dados de acordo com o registro de vídeo do voo (Vanderlei *et al*, 2008; Quintana; Heathers; Kemp, 2012; Silva, 2016).

Os dados foram filtrados por meio do programa Kubios, para isolar possíveis desvios de sinal e delinear os blocos de interesse desse estudo, respeitando o intervalo mínimo de 256 batimentos para cada bloco (Task Force, 1996, Sá, 2015; Silva, 2016).

Média e desvio padrão das dimensões da VFC foram analisadas com o uso do software estatístico JASP for Windows versão 0.16.4 (JASP Team, 2022). As variáveis dependentes analisadas para o desfecho principal foram: frequência cardíaca média (FC), média dos intervalos R-R (RR), desvio padrão dos intervalos RR (SDNN), raiz quadrada das diferenças sucessivas entre os intervalos RR normais adjacentes ao quadrado (RMSSD) e variabilidade dos intervalos RR analisado em período curto (SD1) (Sá, 2015; Silva, 2016).

Estas variáveis foram comparadas à distribuição do tipo normal através do teste de Shapiro Wilk, teste de homogeneidade por meio do teste de Igualdade de Variância de Levene, e o teste de Esfericidade dos Variáveis através do teste de Mauchly.

Para as comparações de análise intragrupos e intergrupos foram aplicados testes de análise de variância (ANOVA) bidirecional nas variáveis dependentes com os fatores Grupo (AERO – A; INSTRU - I; e EDA – E; fator fixo) e Blocos (Pré-voo; Solo-1; Nivelado; S.A.1; Rec.1; S.A.2; Rec.2; S.A.3; Rec.3; Solo-2; e Pós-voo; medida repetida) com correção de Greenhouse-Geisser acompanhadas de tamanho de efeito através do eta-quadrado parcial (η_p^2). Comparações pareadas posteriores foram desempenhadas adotando-se a correção de Holm acompanhada de tamanho de efeito através do “d” de Cohen (Lakens, 2013).

Alternativamente, em virtude da violação dos pressupostos para execução de análises paramétricas, foram aplicadas análises de comparação para amostras dependentes singularmente pelo fator Grupo. A ANOVA de Friedman com o fator de medidas repetidas Fases foi aplicada nas variáveis dependentes, acompanhado de teste de nível de concordância W de Kendall (w) como forma de interpretar o tamanho do efeito da comparação (Tomczak; Tomczak, 2014). Comparações pareadas a posteriori foram realizadas por meio do teste de Wilcoxon, acompanhadas de correlações ranqueadas (r) para verificar o tamanho do efeito. Para

as comparações para amostras independentes foram desempenhadas singularmente pelo fator Grupo através do teste de Kruskal-Wallis sobre as variáveis dependentes.

Para o cálculo do valor do delta percentual ($\Delta\%$), foi utilizado o bloco pré-voo como base. Para o cálculo do *Effect Size* (ES), foi utilizado o bloco pré-voo como base, e foi considerada a magnitude de efeito moderado o valor maior que 0,40 e grande o valor maior que 0,80.

Em todas as análises foi adotada a significância de 5% ($p < 0,05$) e os critérios utilizados para o tamanho de efeito grande, foram os seguintes: $\eta_p^2 > 0,14$; $d > 0,80$; $r > 0,37$ (Lenhard; Lenhard, 2017) e $w > 0,50$ (Cafiso; Di Graziano; Pappalardo, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados da VFC da amostra de pilotos avaliada, divididos em 11 blocos, de acordo com o desenho de avaliação experimental. Serão apresentados os índices da VFC, no domínio do tempo (linear), os resultados absolutos da FC em batimentos por minuto (bpm), os intervalos R-R (em ms), desvio padrão de todos os intervalos RR normais (SDNN), raiz quadrada da soma das diferenças sucessivas entre intervalos RR normais adjacentes ao quadrado (RMSSD) e no domínio não-linear, o desvio padrão dos intervalos R-R instantâneos (SD1), que se trata de uma medida de VFC para curto período de avaliação, consiste na avaliação RR com período mínimo de 256 batimentos.

Primeiro serão apresentados os valores dos índices da VFC para toda a amostra de voluntários avaliada, estratificando os resultados de acordo com as características de cada bloco proposto. Após serão apresentados os resultados da VFC pelos mesmos blocos propostos, estratificados por cada grupo avaliado.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra de militares selecionada, e randomizada, não apresentou diferença estatística para os parâmetros de idade, perfil antropométrico e capacidades de potências aeróbia e anaeróbia, conforme descrito nas tabelas a seguir.

Os resultados da avaliação antropométrica da amostra selecionada, estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Idade e Avaliação Antropométrica

GRUPO		IDADE (anos)	MASSA CORPORAL (kg)	ESTATURA (cm)	GORDURA CORPORAL (%)
AERO	M	31,00	77,81	176,44	12,50
	DP	5,23	4,54	6,09	1,43
INSTR	M	32,01	80,17	175,58	12,96
	DP	2,57	6,27	5,25	3,06
EDA	M	32,79	74,95	174,38	10,93
	DP	1,51	8,02	7,13	2,32

Legenda: AERO = Grupo Aeronavegantes; INSTR = Grupo Pilotos Instrutores 1º EIA; EDA = Pilotos do EDA; M = Média; DP = Desvio padrão, Não houve diferença significativa entre os grupos.

Os resultados da avaliação do nível de potência anaeróbia e capacidade cardiorrespiratória, estão descritos com os resultados de flexão e extensão dos membros superiores, flexão de tronco, teste de corrida de 12 minutos do TACF e do RAST-TEST estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados do TACF e RAST-TEST

GRUPO		TACF			RAST-TEST		
		FLEX (rep)	ABD (rep)	CORRIDA (metros)	POT MAX (P/kg)	POT MÉDIA (P/kg)	INDICE FADIGA (%)
AERO	M	42,75	56,25	2566,25	5,85	4,83	34,02
	DP	9,82	11,41	337,51	0,63	0,54	1,00
INSTR	M	46,55	55,64	2516,36	5,86	4,73	34,49
	DP	6,61	7,21	238,42	0,60	0,65	2,60
EDA	M	50,25	53,75	2555,00	6,25	4,91	35,72
	DP	11,93	8,24	168,27	0,79	0,75	2,69

Legenda: AERO = Grupo Aeronavegantes; INSTR = Grupo Pilotos Instrutores 1º EIA; EDA = Pilotos do EDA; M = Média; DP = Desvio padrão; FLEX = Teste de Flexão de Braço; ABD = Testes de Flexão Abdominal; CORRIDA = Corrida de 12 minutos; POT MAX = Potência Máxima; POT MÉDIA = Potência Média, Não houve diferença significativa entre os grupos.

A Tabela 3 apresenta o resultado da experiência em horas de voo acrobático dos voluntários, demonstrando que houve diferença estatística entre os grupos avaliados.

Tabela 3 - Experiência em horas de voo acrobático

GRUPO		TEMPO DE VOO ACROBÁTICO (horas)
AERO	M	125,25*,§
	DP	92,28
INSTR	M	1638,57§,#
	DP	237,17
EDA	M	2305,63*,#
	DP	398,41

Legenda: AERO = Grupo Aeronavegantes; INSTR = Grupo Pilotos Instrutores 1º EIA; EDA = Pilotos do EDA; M = Média; DP = Desvio padrão * Diferença significativa entre os grupos AERO e EDA; # Diferença significativa entre INSTR e EDA; § Diferença significativa entre AERO e INSTR.

4.2 RESULTADOS DA VFC POR BLOCOS DE VOO

A amostra analisada foi composta por 29 pilotos (n=29). Comparações pareadas revelaram diferenças estatisticamente significativas de FC entre o Bloco pré-voo com as demais fases do voo, com exceção do bloco pós-voo, conforme Tabela 4, que apresenta os resultados da FC, em batimentos por minuto (bpm), por cada bloco do desenho experimental da avaliação em voo.

Tabela 4 - Frequência Cardíaca por blocos

Blocos do Voo	Média ± DP	Frequência Cardíaca		t ^A	p(holm) ^A	Δ ^A %	ES
		IC 95% Inferior	Superior				
Pré-voo	74,58±7,91	71,45	77,70	--	--	--	--
Solo 1	79,26±7,51	76,29	82,23	-4,69	< ,001*	6,28	0,70
Nivelado	78,55±5,83	76,24	80,85	-3,97	0,003*	5,33	0,59
S.A. 1	82,95±6,17	80,51	85,39	-7,93	< ,001*	11,23	1,18
Rec. 1	78,42±6,49	75,85	80,98	-3,75	0,006*	5,15	0,56
S.A. 2	83,25±7,27	80,37	86,12	-8,20	< ,001*	11,63	1,21
Rec. 2	78,61±7,13	75,79	81,43	-4,09	0,002*	5,57	0,61
S.A. 3	84,79±8,64	81,37	88,21	-9,78	< ,001*	13,69	1,45
Rec. 3	78,04±8,15	74,81	81,26	-3,63	0,010*	4,64	0,54
Solo 2	80,01±7,59	77,00	83,01	-5,32	< ,001*	7,28	0,79
Pós-voo	74,85±6,32	72,35	77,35	-0,45	1,000	0,37	0,07

Legenda: ^A Comparação contra o Pré-voo; * diferença estatisticamente significativa; t – Valor de t de Student; p – Valor de P, com correção de Holm; Δ% - Delta percentual; ES – Efeito de magnitude (*Effect Size*); S.A.1 – Sequência Acrobática 1; Rec.1 – Recuperação 1; S.A.2 – Sequência Acrobática 2; Rec.2 – Recuperação 2; S.A.3 – Sequência Acrobática 3.

Após resultados revelaram que não há interação estatisticamente significativa entre os fatores iniciais sobre a variável FC ($F(8,2; 98,5) = 1,043$; $p = 0,410$; $np^2 = 0,080$), porém foi verificado que o fator Blocos do voo teve efeito estatisticamente significativo sobre a FC ($F(4,1; 98,5) = 18,388$; $p < 0,001$; $np^2 = 0,434$). Dos valores analisados, apenas o último bloco (Pós-voo) não apresentou diferença estatística, os outros apresentaram diferenças, com os seguintes pontos a considerar:

- No bloco **Solo1**, mesmo que não tenha ocorrido influência de alteração de altitude e carga Gz, a alteração no valor de Δ% com uma magnitude moderada poderia ser atribuída a carga cognitiva necessária para realização da atividade operacional de um voo real e a própria antecipação ao estresse da atividade, por mais que o piloto avaliado não venha a atuar nos comandos (Task Force, 1996; Newman; Callister, 2009; Silva, 2016);

- b) No bloco **Nivelado**, o valor da FC se mantém estabilizada em seu valor de $\Delta\%$;
- c) Na **Sequência Acrobática 1 (S.A.1)**, ocorre uma elevação de FC de grande magnitude ($ES=1,18$) e alteração do $\Delta\%$ (11,23%), o que confirma os achados de estudos anteriores sobre as respostas cardiovasculares compensatórias às oscilações gravitacionais (Zenon *et al.*, 2003; Tripp *et al.*, 2006; Newman; Callister, 2008; Zawadzka-Bartczak; Kopka, 2011; Chiang *et al.*, 2021);
- d) No bloco **Recuperação 1 (Rec.1)**, a redução do valor do $\Delta\%$ (5,15%) teve valor próximo ao do bloco Nivelado (5,33%), o que demonstra a entrada do ramo parassimpático do SNA na regulação do sistema cardiovascular, tendo em vista que nesse bloco ocorreu a interrupção das alterações de altitude e carga Gz, demonstrando a entrada do SNA, com maior atividade do ramo parassimpático (Scoot *et al.*, 2007; Silva, 2016);
- e) A **Sequência Acrobática 2 (S.A.2)**, apresentou um valor de $\Delta\%$ (11,63%) um pouco superior a S.A.1 (11,23%), enquanto a **Sequência Acrobática 3 (S.A.3)** apresentou um valor de $\Delta\%$ (13,69%) ainda maior, com o pico de 88,21 bpm na média de 5 minutos desse bloco, todos com grande efeito de magnitude (S.A.1 $ES=1,18$, S.A.2 $ES=1,21$ e S.A.3 $ES=1,45$). Esses resultados corroboram os achados de outros estudos sobre a influência do acúmulo de fadiga provocado pelo ambiente de hipergravidade nos índices da VFC (Banks, *et al.*, 2008; Newman; Callister, 2009; Silva, 2016; Chiang *et al.*, 2021); e
- f) Os blocos de Recuperação em voo (Rec.1, Rec.2 e Rec.3) apresentaram resultados semelhantes, com uma redução do valor do $\Delta\%$ em Rec.3 (4,64%). Já em **Solo-2**, o valor do $\Delta\%$ foi maior do que no Solo-1, o que corrobora os achados de estudos anteriores, apresentando uma maior atividade do SNA e maior FC, após o final do desafio gravitacional, evidenciando adaptações no sistema cardiovascular à repetidas exposições ao ambiente de hipergravidade (Zenon *et al.*, 2003; Sá, 2015; Silva, 2016).

Para os resultados do **intervalo RR**, a análise estatística revelou que ao menos um par de blocos significativamente diferentes ($X(10) = 120,471$; $p < 0,001$), e o teste de Wilcoxon, acompanhadas de correlações ranqueadas (r) para verificar o tamanho de efeito revelaram diferenças estatisticamente significativas de RR entre o Bloco pré-voo com as demais fases do voo, com exceção dos blocos Recuperação 3 e Pós-voo, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Intervalo RR entre os blocos

Intervalo - RR							
Bloco do Voo	Média ± DP	IC 95%		W ^{A,B}	p ^A	Δ ^A %	ES ^c
		Inferior	Superior				
Pré-voo	813,63±89,25	778,32	848,93	--	--	--	--
Solo 1	764,45±83,06	731,59	797,31	333,00	< ,001	-6,04	0,76
Nivelado	768,15±60,17	744,35	791,95	319,00	0,001	-5,59	0,69
S.A. 1	727,5±58,39	704,40	750,59	373,00	< ,001	-10,59	0,97
Rec. 1	770,59±68,43	743,52	797,66	315,00	0,002	-5,29	0,67
S.A. 2	726,6±69,75	699,01	754,19	371,00	< ,001	-10,70	0,96
Rec. 2	769,85±75,29	740,06	799,63	312,00	0,002	-5,38	0,65
S.A. 3	715,3±78,47	684,26	746,34	373,00	< .001	-12,08	0,97
Rec. 3	777,87±90,32	742,14	813,60	267,00	0,062	-4,39	0,41
Solo 2	757,09±78,63	725,98	788,20	323,00	< .001	-6,95	0,71
Pós-voo	807,58±73,56	778,48	836,68	210,00	0,628	-0,74	0,11

Legenda: ^A Comparação contra o Pré-voo; ^B Wilcoxon signed-rank test; ^C Rank-Biserial Correlation; p – Valor de P; Δ% – Delta percentual; ES – Efeito de magnitude (*Effect Size*); S.A.1 – Sequência Acrobática 1; Rec.1 – Recuperação 1; S.A.2 – Sequência Acrobática 2; Rec.2 – Recuperação 2; S.A.3 – Sequência Acrobática 3.

Os valores dos intervalos RR apresentados na tabela, corresponderam aos resultados de FC, com os seguintes pontos a considerar:

- Os blocos **Solo1** e **Solo2** apresentaram redução de valores absolutos, possivelmente pela influência do fator psicológico / cognitivo envolvendo os procedimentos para ingresso e abandono da aeronave respectivamente, consistindo na carga de trabalho da preparação para atividade aérea (Hargens; Bhattacharya; Schneider, 2013; Mendes *et al.*, 2021);
- Os blocos **Nivelado**, **Rec.1** e **Rec.2** apresentaram valores do Δ% similares (-5,59%, -5,29% e -5,38%), já o **Rec.3** apresentou valor de intervalo RR maior (777,87±90,32) com um valor do Δ% menor (-4,39%), indicando maior retorno aos parâmetros iniciais. Analisando a diferença dos resultados apresentados, ocorreu uma variação maior entre os blocos **S.A.3 x Rec.3**, quando comparado com a variação entre **S.A.1 x Rec.1** e **S.A.2 x Rec.2**, corroborando achados de estudos anteriores sobre o aumento de respostas autonômicas, frente ao esforço gravitacional repetido na 3ª série acrobática (Convertino, 2001; Newman; Callister, 2009; Eiken; Mekjavic; Sundblad, 2012; Pendergast; Olszowka; Farhi, 2012); e
- Os blocos de sequências acrobáticas apresentaram maior redução de valores, quando comparado com os outros blocos, em virtude dessa redução indicar uma maior ação cardiovascular para enfrentar o estresse gravitacional imposto pelos exercícios

executados na missão. A 3ª sequência acrobática apresentou maior redução do valor RR, quando comparado com as outras sequências acrobáticas, correspondendo ao aumento do resultado da FC no mesmo bloco, indicando aumento da resposta autonômica ao esforço gravitacional repetido (Convertino, 2001; Newman; Callister, 2009; Pendergast; Olszowka; Farhi, 2012; Cao *et al.*, 2019).

Um intervalo RR maior, reflete em uma FC menor, entretanto a análise não deve se restringir apenas a essa relação, tendo em vista que o cálculo dos índices da VFC é derivado dos valores de intervalo RR (Task Force, 1996; Vanderlei *et al.*, 2009; Scoot *et al.*, 2007; Sá, 2015).

Os resultados para a variável **SDNN** revelaram que não houve interação estatisticamente significativa entre os fatores iniciais ($F(10,5; 126,0) = 1,179$; $p = 0,310$; $np^2 = 0,089$), porém foi verificado que os Blocos S.A.1, S.A.2, S.A.3 e Rec.3 apresentaram efeito estatisticamente significativo ($F(5,3; 126,0) = 10,415$; $p < 0,001$; $np^2 = 0,303$), conforme descrito na Tabela 6.

Tabela 6 – SDNN entre os blocos

Bloco do Voo	Média ± DP	SDNN		t ^A	p(holm) ^A	Δ ^A %	ES ^A
		IC 95%					
		Inferior	Superior				
Pré-voo	41,82±14,24	36,19	47,46	-----	-----	-----	----
Solo 1	46,23±16,69	39,62	52,83	-1,49	1,00	10,53	0,26
Nivelado	44,86±15,89	38,57	51,14	-1,03	1,00	7,25	0,18
S.A. 1	54,77±13,39	49,47	60,06	-5,06	< ,001*	30,95	0,88
Rec. 1	50,51±14,73	44,69	56,34	-3,08	0,08	20,78	0,53
S.A. 2	60,85±14,41	55,15	66,55	-7,27	< ,001*	45,49	1,26
Rec.2	51,22±15,55	45,06	57,37	-3,35	0,03*	22,46	0,58
S.A. 3	56,77±16,16	50,38	63,16	-5,48	< ,001*	35,74	0,95
Rec. 3	51,70±17,89	44,62	58,77	-3,76	0,009*	23,60	0,65
Solo 2	48,40±18,07	41,25	55,55	-2,53	0,37	15,72	0,44
Pós-voo	43,01±13,23	37,78	48,25	-0,29	1,00	2,84	0,05

Legenda: ^A Comparação contra o Pré-voo; * diferença estatisticamente significativa; t – Valor de t de *Student*; p – Valor de P, com correção de Holm; Δ% - Delta percentual; ES – Efeito de magnitude (*Effect Size*); S.A.1 – Sequência Acrobática 1; Rec.1 – Recuperação 1; S.A.2 – Sequência Acrobática 2; Rec.2 – Recuperação 2; S.A.3 – Sequência Acrobática 3.

O índice SDNN representa a atividade combinada dos ramos parassimpático e simpático, refletindo o nível de atividade do SNA em um determinado intervalo. Dos resultados apresentados, apenas os blocos **Solo 1, Nivelado e Pós-voo** não apresentaram diferenças estatística. Com relação aos outros blocos, seguem as algumas considerações:

- a) Os blocos **S.A.1**, **S.A.2** e **S.A.3**, apresentaram diferença estatística de grande magnitude, com o ES de 0,88 / 1,26 / 0,95 e elevação de atividade do SNA, com valores de $\Delta\%$ de 30,95% / 45,49% / 35,74% respectivamente;
- b) Os blocos **Rec.1**, **Rec.2** e **Rec.3** apresentaram magnitude de efeito moderado, com o ES de 0,53 / 0,58 / 0,65 e valores de $\Delta\%$ de 20,78% / 22,46% / 23,60% respectivamente. Apesar do valor de “p” de **Rec.1** não ter sido estatisticamente significativo ($p=0,08$), o ES foi moderado. A elevação de valores nesses blocos corrobora com achados de estudos anteriores sobre o aumento de atividade do SNA, como resposta ao ambiente estressor para manutenção da pressão ao nível dos olhos (Convertino, 2001; Newman; Callister, 2009; Pendergast; Olszowka; Farhi, 2012; Cao *et al.*, 2019); e
- c) O bloco **Solo 2** apresentou valor com magnitude de efeito moderado ($ES = 0,44$) e valor de $\Delta\%$ de 15,72%, sendo esse valor superior ao valor do bloco **Solo 1** (10,53%). Esse resultado corrobora os achados de estudos anteriores, quanto a elevação de valores após enfrentar o desafio gravitacional, sinalizando maior de atividade do SNA (Convertino, 2001; Pendergast; Olszowka; Farhi, 2012; Silva, 2016; Rodriguez, 2019).

Sobre os valores absolutos do índice SDNN para o bloco **Pré-voo** ($41,82 \pm 14,24$) para os blocos **S.A.1** ($54,77 \pm 13,39$), **S.A.2** ($60,85 \pm 14,41$) e **S.A.3** ($56,77 \pm 16,16$) apresentaram aumento em virtude do estresse no sistema cardiovascular, com a consequente redução nos blocos de recuperação, **Rec.1** ($50,51 \pm 14,73$), **Rec.2** ($51,22 \pm 15,55$) e **Rec.3** ($51,70 \pm 17,89$).

Ocorreu também a redução de valores de **S.A.1** ($54,77 \pm 13,39$) para **Pós-voo** ($43,01 \pm 13,23$), que se assemelha e corrobora com os resultados do Grupo de voluntários hidratados do estudo de Rodriguez (2019) (SDNN Grupo IA em Repouso = $53,57 \pm 12,33$, Após Atividade = $58,23 \pm 11,56$, 30 min após atividade = $52,62 \pm 12,03$ e 60 min após atividade = $46,32 \pm 10,16$; Rodriguez, 2019).

Sobre a variável raiz quadrada da soma das diferenças sucessivas entre intervalos RR normais adjacentes ao quadrado, **RMSSD**, em virtude do tamanho da amostra, os cálculos estatísticos revelaram que não houve interação significativa entre os fatores iniciais ($F(7,8; 94,2) = 0,879$; $p = 0,536$ $np^2 = 0,068$) e o fator Blocos de voo não apresentou efeito estatisticamente significativo ($F(3,9; 94,2) = 1,478$; $p = 0,216$; $np^2 = 0,058$).

Diante disso, são apresentados os valores do $\Delta\%$ para uma análise significativa dos dados, visando fornecer uma melhor compreensão dos resultados e para fornecer subsídios para futuras pesquisas, conforme descrito na Tabela 7.

Tabela 7 – RMSSD entre os blocos

Bloco do Voo	Média ± DP	RMSSD		t ^A	p(holm) ^A	Δ ^A %	ES
		IC 95%					
		Inferior	Superior				
Pré-voo	36,14±18,76	28,72	43,56	----	----	----	----
Solo 1	36,73±17,70	29,73	43,73	0,09	1,00	1,64	0,02
Nivelado	34,79±13,93	29,28	40,30	0,72	1,00	-3,73	0,12
S.A. 1	32,63±9,34	28,94	36,32	1,61	1,00	-9,70	0,27
Rec. 1	37,17±13,45	31,85	42,49	-0,26	1,00	2,87	0,04
S.A. 2	33,95±10,55	29,78	38,12	1,03	1,00	-6,06	0,17
Rec. 2	37,71±13,78	32,26	43,16	-0,39	1,00	4,34	0,06
S.A. 3	32,46±10,93	28,13	36,78	1,80	1,00	-10,19	0,30
Rec. 3	38,51±18,18	31,32	45,70	-0,77	1,00	6,57	0,13
Solo 2	34,05±14,99	28,12	39,98	1,00	1,00	-5,77	0,17
Pós-voo	33,82±14,34	28,15	39,49	1,23	1,00	-6,41	0,20

Legenda: ^A Comparação contra o Pré-voo; t – Valor de t de Student; p – Valor de P, com correção de Holm; $\Delta\%$ – Delta percentual; ES – Efeito de magnitude (*Effect Size*); S.A.1 – Sequência Acrobática 1; Rec.1 – Recuperação 1; S.A.2 – Sequência Acrobática 2; Rec.2 – Recuperação 2; S.A.3 – Sequência Acrobática 3.

O índice RMSSD é um marcador de atividade do ramo parassimpático e a variação negativa do $\Delta\%$ significa uma menor atividade desse ramo (retirada vagal), consequentemente o desequilíbrio de sinal, com a predominância do ramo simpático e aumento de FC (Task Force, 1996; Eiken; Mekjavic; Sundblad, 2012). Dessa forma, seguem algumas considerações sobre as diferenças significantes:

- Apesar do valor do $\Delta\%$ no bloco **Solo 1** (1,64%) ter sido positivo, o valor de FC para esse mesmo bloco (Tabela 4) foi maior, apresentando uma predominância ramo simpático na modulação cardíaca (Task Force, 1996);
- Os blocos **S.A.1, S.A.2 e S.A.3** apresentaram valores menores de $\Delta\%$, (-9,7%, -6,06% e -10,19%), demonstrando uma retirada vagal do SNA frente ao desequilíbrio hemodinâmico provocado pela ação da hipergravidade (Newman; Callister, 2009); e
- Os blocos **Rec.1, Rec.2 e Rec.3** apresentaram aumento dos valores do $\Delta\%$ (2,87%, 4,34% e 6,57%), respectivamente, apresentaram aumento da atividade do ramo parassimpático, após cessar a alteração de altitude e carga Gz, que foi o fator estressor ao equilíbrio do sistema cardiovascular, corroborando os achados de

estudos anteriores (Task Force, 1996; Newman; Callister, 2009; Hargens; Bhattacharya; Schneider, 2013).

Sobre a variável da VFC, desvio padrão dos intervalos R-R instantâneos (SD1), em virtude do tamanho da amostra, os cálculos estatísticos não apresentaram efeito estatístico significativo entre os fatores iniciais ($F(7,8; 94,2) = 0,880$; $p = 0,535$ $np^2 = 0,068$) e o fator Blocos de voo ($F(3,9; 94,2) = 1,482$; $p = 0,215$; $np^2 = 0,058$). Diante disso, são apresentados os valores do $\Delta\%$ para uma análise significativa dos dados, visando fornecer uma melhor compreensão dos resultados apresentados, para fornecer subsídios para futuras pesquisas, conforme descrito na Tabela 8.

Tabela 8 – SD1 entre os blocos

Bloco do Voo	Média ± DP	SD1 IC 95%		t ^A	p(holm) ^A	$\Delta\%$	ES ^A
		Inferior	Superior				
Pré-voo	25,59±13,28	20,34	30,85	----	----	----	----
Solo 1	26,01±12,54	21,05	30,97	0,10	1,00	1,62	0,02
Nivelado	24,63±9,87	20,73	28,53	0,73	1,00	-3,75	0,12
S.A. 1	23,10±6,61	20,49	25,72	1,61	1,00	-9,73	0,27
Rec. 1	26,33±9,53	22,56	30,10	-0,26	1,00	2,88	0,04
S.A. 2	24,04±7,47	21,08	26,99	1,03	1,00	-6,08	0,17
Rec. 2	26,71±9,77	22,85	30,57	-0,39	1,00	4,36	0,06
S.A. 3	22,98±7,74	19,92	26,04	1,80	1,00	-10,21	0,30
Rec. 3	27,27±12,88	22,18	32,36	-0,77	1,00	6,56	0,13
Solo 2	24,11±10,62	19,91	28,31	1,00	1,00	-5,78	0,17
Pós-voo	23,95±10,15	19,94	27,97	1,23	1,00	-6,41	0,20

Legenda: ^A Comparação contra o Pré-voo; t – Valor de t de Student; p – Valor de P, com correção de Holm; $\Delta\%$ – Delta percentual; ES – Efeito de magnitude (*Effect Size*); S.A.1 – Sequência Acrobática 1; Rec.1 – Recuperação 1; S.A.2 – Sequência Acrobática 2; Rec.2 – Recuperação 2; S.A.3 – Sequência Acrobática 3.

Os valores do índice **SD1** são similares ao índice RMSSD, representando também o ramo parassimpático. A diferença entre estes reside na fase construção do cálculo, que prevalece o ramo não linear, com a aplicação do gráfico de Poincaré, que consiste no método geométrico, utilizado para analisar a dinâmica de resultados da VFC. Para realizar a composição completa desse gráfico, deve ser utilizado também o índice de SD2, que consiste na medida de intervalos R-R de longos períodos (Task Force, 1996; Vanderlei *et al*, 2009).

Diante disso, seguem algumas considerações para os resultados para o SD1:

- a) Os blocos com alteração de altitude e carga Gz, **S.A.1, S.A.2 e S.A.3**, apresentaram valores menores, com o $\Delta\%$ negativo (-9,73%, -6,08% e -10,21%), significando uma retirada vagal, o que corrobora os achados em estudos anteriores (Newman; Callister, 2009; Sá, 2015; Silva, 2016; Mendes *et al*, 2021);
- b) Os blocos de recuperação, **Rec.1, Rec.2 e Rec.3**, apresentaram valores positivos para o $\Delta\%$ (2,88%, 4,36% e 6,56%), demonstrando uma entrada do ramo parassimpático, diferindo dos valores apresentados nos blocos anteriores, com a presença de alteração de altitude e carga Gz (-9,73%, -6,08% e -10,21%) (Scott *et al*, 2007); e
- c) Os blocos **Solo2 e Pós-voo**, apresentaram valores negativos para o $\Delta\%$, (-5,78% e -6,41%), corroborando achados de estudos anteriores, que apresentaram uma elevação de FC, em virtude de uma prevalência na retirada vagal após a série de esforço gravitacional (Newman; Callister, 2009; Scott *et al*, 2007; Hargens; Bhattacharya; Schneider, 2013; Silva 2016).

4.3 RESULTADOS DA VFC POR BLOCOS ENTRE GRUPOS

Para responder a hipótese central do estudo, buscando compreender a relação da experiência em horas de voo acrobático, a amostra total de pilotos (n=29) foi dividida em três grupos: Aeronavegante (AERO), com n= 8, Pilotos Instrutores do 1ºEIA (INSTR), com n=13 e Pilotos do Esquadrão de Demonstração Aérea (EDA), com n=8.

Em face ao tamanho da amostra disponível nesse estudo, os resultados não apresentaram diferença estatística significativa (Valor $p>0,05$). Entretanto, para fornecer uma melhor compreensão dos efeitos crônicos da exposição ao ambiente de hipergravidade, foram calculados os valores do Índice de Confiança (IC) e do Delta percentual ($\Delta\%$) dos resultados de cada grupo por bloco, para demonstrar as diferenças significantes, podendo servir como uma importante fonte de informação para futuras pesquisas.

Os resultados da FC entre os Grupos, estão descritos na Tabela 9.

Tabela 9 - Frequência Cardíaca entre Grupos

Frequência Cardíaca					
Blocos do Voo	Grupo	Média ± DP	IC 95%		Δ%
			Inferior	Superior	
Pré-voo	AERO	70,54±7,17	64,54	70,54	--
	INSTR	76,96±9,19	70,78	83,13	--
	EDA	75,34±5,67	70,60	80,08	--
Solo 1	AERO	80,05±5,85	75,16	84,95	13,49
	INSTR	78,62±10,46	71,59	85,65	2,16
	EDA	79,36±4,19	75,85	82,87	5,34
Nivelado	AERO	76,72±4,15	73,25	80,19	8,76
	INSTR	78,49±7,27	73,60	83,37	1,99
	EDA	80,46±5,04	76,25	84,68	6,80
S.A. 1	AERO	80,90±5,71	76,13	85,67	14,68
	INSTR	83,80±7,37	78,86	88,75	8,89
	EDA	83,82±4,93	79,70	87,95	11,25
Rec. 1	AERO	76,62±6,47	70,21	81,03	8,62
	INSTR	79,09±6,94	74,43	83,76	2,77
	EDA	80,28±5,67	75,54	85,02	6,56
S.A. 2	AERO	80,39±8,13	73,60	87,18	13,96
	INSTR	84,18±6,18	79,53	88,82	9,38
	EDA	84,82±6,95	79,01	90,63	12,58
Rec. 2	AERO	76,61±6,75	70,97	82,26	8,60
	INSTR	77,90±7,02	73,19	82,62	1,22
	EDA	81,56±7,58	75,23	87,90	8,26
S.A. 3	AERO	82,16±7,76	75,67	88,64	16,78
	INSTR	84,38±8,57	78,62	90,13	9,64
	EDA	87,98±9,62	79,94	96,02	16,47
Rec. 3	AERO	76,78±8,78	69,45	84,12	8,85
	INSTR	76,75±8,67	70,92	82,58	-0,28
	EDA	81,07±6,88	75,31	86,82	7,60
Solo 2	AERO	77,94±8,34	70,97	84,92	10,49
	INSTR	79,83±8,50	74,12	85,54	3,70
	EDA	82,31±5,50	77,71	86,91	9,25
Pós-voo	AERO	73,32±7,49	67,05	79,58	3,94
	INSTR	75,48±7,21	70,63	80,32	-1,92
	EDA	75,51±3,73	72,39	78,62	0,22

Legenda: AERO - Grupo Aeronavegantes; INSTR - Grupo Pilotos Instrutores 1º EIA; EDA - Pilotos do Esquadrão de Demonstração Aérea; DP - Desvio padrão, IC - Índice de Confiança; Δ% - Delta percentual; S.A.1 – Sequência Acrobática 1; Rec.1 – Recuperação 1; S.A.2 – Sequência Acrobática 2; Rec.2 – Recuperação 2; S.A.3 – Sequência Acrobática 3.

Seguem algumas considerações para os resultados de FC entre os grupos:

- a) No bloco **Solo 1**, o grupo AERO apresentou maior valor de Δ% (**13,49%**), o que pode significar uma antecipação a percepção ao esforço gravitacional, levando em consideração a adaptação menor ao ambiente de hipergravidade, presente no voo de instrução (Newman; Callister, 2009; Silva, 2016; Mendes *et al*, 2021);

- b) O Grupo INST apresentou valores de $\Delta\%$ menores em todos os blocos, quando comparado com os outros grupos, atingindo valores negativos no bloco **Rec.3** (-0,28%) e **Pós-voo** (-1,92%), o que pode estar relacionado com a adaptação à rotina de voos de instrução aérea, diferente do que ocorre com os grupos EDA e AERO, que não realizam esses voos todos os dias (Newman; Callister, 2009; Comando da Aeronáutica, 2021b);
- c) Os grupos apresentaram elevação dos valores de $\Delta\%$ para os blocos acrobáticos, representando uma resposta compensatória do SNA para enfrentar os efeitos do ambiente de hipergravidade, confirmando os achados de estudos anteriores (Convertino, 2001; Pendergast; Olszowka; Farhi, 2012; Silva, 2016);
- d) Nos blocos **S.A.2** e **S.A.3**, os grupos AERO e EDA apresentaram valores próximos de $\Delta\%$ (13,96% - 12,58% e 16,78% - 16,47%, respectivamente), enquanto o grupo INSTR manteve valores inferiores aos dois grupos. Esse resultado também pode ser em virtude da quantidade de voos semanais que são realizados, AERO (1 a 2 voos) e EDA (2 a 4 voos), em contraposto ao realizado pelo grupo INSTR (5 a 15 voos) (Comando da Aeronáutica, 2021b);
- e) Os grupos apresentaram elevação de valores de $\Delta\%$ nos blocos acrobáticos, apesar das diferenças de experiências em horas de voo acrobático, o esforço repetitivo do perfil de voo de instrução foi suficiente para solicitar respostas compensatórias do SNA, que corrobora com os achados anteriores, que tratam das respostas do SNA após o esforço repetitivo no ambiente de hipergravidade (Convertino, 2001; Pendergast; Olszowka; Farhi, 2012; Silva, 2016); e
- f) O grupo AERO apresentou valores de $\Delta\%$ maiores em todos os blocos, em comparação com os outros dois grupos, mantendo-se com valor superior no último bloco (3,94%), diferente dos outros grupos, INST (-1,92%) e EDA (0,22%). Esse fato corrobora os achados sobre a influência do condicionamento do tripulante frente a exposição crônica às forças acelerativas do voo acrobático (Zenon *et al*, 2003, Newman; Callister, 2009; Silva, 2016).

Esse último resultado além de corroborar achados anteriores, revela a influência do condicionamento de cada grupo. Nesse sentido, cabe ressaltar a importância da análise da influência do intervalo de tempo entre os voos de instrução nas respostas da VFC (Convertino, 2001, Newman; Callister, 2009, Pendergast *et al*, 2012, Silva, 2016).

Para os resultados de intervalos RR, os grupos apresentaram ao menos um par de blocos significativamente diferentes, AERO ($X_{(10)} = 26,523$; $p = 0,003$), INSTR ($X_{(10)} = 62,331$; $p < 0,001$) e EDA ($X_{(10)} = 40,591$; $p < 0,001$).

Os resultados de intervalos RR entre os Grupos estão descritos na Tabela 10.

Tabela 10 - Intervalo RR entre Grupos

Intervalo - RR					
Blocos do Voo	Grupo	Média	IC 95%		Δ%
			Inferior	Superior	
Pré-voo	AERO	858,45±88,24	784,68	932,21	--
	INSTR	790,42±99,61	723,50	857,34	--
	EDA	800,71±65,52	745,94	855,49	--
Solo 1	AERO	752,86±52,55	708,92	796,79	-12,30
	INSTR	757,89±39,64	696,56	858,76	-1,61
	EDA	777,66±120,72	724,75	791,03	-5,35
Nivelado	AERO	784,03±40,66	750,04	818,02	-8,67
	INSTR	771,07±78,54	718,30	823,83	-2,45
	EDA	748,25±47,21	708,79	787,72	-6,56
S.A. 1	AERO	745,11±56,49	697,89	792,34	-13,20
	INSTR	721,53±69,78	674,65	768,41	-8,72
	EDA	718,08±44,78	680,65	755,51	-10,32
Rec. 1	AERO	798,58±68,94	740,95	856,22	-6,98
	INSTR	764,56±75,11	714,10	815,02	-3,27
	EDA	750,87±56,42	703,70	798,04	-6,22
S.A. 2	AERO	753,47±80,63	686,06	820,87	-13,23
	INSTR	717,75±66,78	672,89	762,61	-9,19
	EDA	711,91±63,27	659,01	764,81	-11,09
Rec. 2	AERO	788,83±73,64	727,26	850,39	-8,11
	INSTR	776,52±77,66	724,35	828,69	-1,76
	EDA	741,69±75,03	678,97	804,42	-7,37
S.A. 3	AERO	736,28±72,61	675,58	796,99	-14,23
	INSTR	718,80±83,54	662,68	774,92	-9,26
	EDA	689,50±79,65	622,91	756,09	-13,89
Rec. 3	AERO	790,83±94,10	712,16	869,49	-7,88
	INSTR	792,35±103,45	722,85	861,85	0,25
	EDA	745,02±66,37	689,53	800,50	-6,95
Solo 2	AERO	777,96±87,24	705,02	850,89	-9,38
	INSTR	760,39±91,19	699,13	821,65	-3,80
	EDA	731,68±47,14	692,28	771,09	-8,62
Pós-voo	AERO	826,13±87,38	753,08	899,18	-3,77
	INSTR	802,30±85,20	745,06	859,54	1,50
	EDA	796,29±38,85	763,81	828,77	-0,55

Legenda: AERO - Grupo Aeronavegantes; INSTR - Grupo Pilotos Instrutores 1º EIA; EDA - Pilotos do Esquadrão de Demonstração Aérea; DP - Desvio padrão, IC - Índice de Confiança; $\Delta\%$ - Delta percentual; S.A.1 – Sequência Acrobática 1; Rec.1 – Recuperação 1; S.A.2 – Sequência Acrobática 2; Rec.2 – Recuperação 2; S.A.3 – Sequência Acrobática 3.

Seguem algumas considerações para os resultados de Intervalos RR entre os grupos:

- a) No bloco **Solo 1**, o valor do $\Delta\%$ para o grupo AERO (-12,30%) foi menor em relação aos outros grupos, o que corrobora os achados de estudos anteriores sobre o comportamento do índice RR para um público menos experiente no ambiente de hipergravidade. Essa elevação, também pode ser em virtude da influência de fatores psicológicos e carga de trabalho mental, que envolvem os procedimentos adotados no solo, além do processo psicológico de antecipação a etapa de início do voo propriamente dito (Hargens, Bhattacharya e Schneider, 2013; Mendes *et al*, 2021);
- b) O Grupo INSTR apresentou menor redução de valores de $\Delta\%$ em todos os blocos, comparado com os outros dois grupos, chegando a ficar positivo em **Rec.3** e **Pós-Voo** (0,25% e 1,50%). Esse resultado pode estar associado a rotina de voos desse grupo, que realiza pelo menos um voo de instrução por dia, sendo comum realizar de dois à três por dia, diferente do que ocorre com os outros dois grupos (Newman; Callister, 2009, Comando da Aeronáutica, 2021b);
- c) Os grupos apresentaram elevação nos valores do $\Delta\%$ para cada sequência acrobática realizada, corroborando os achados sobre a influência da resposta da VFC diante do acúmulo de fadiga à exposição ao ambiente de hipergravidade (Convertino, 2001, Newman; Callister, 2009, Eiken; Mekjavic; Sundblad, 2012, Pendergast; Olszowka; Farhi, 2012);
- d) Ainda nos blocos acrobáticos, o grupo EDA apresentou valores absolutos de RR menor em relação aos outros dois grupos, sinalizando uma maior retirada vagal diante do esforço gravitacional, demonstrando uma adaptação crônica no sistema cardiovascular, com maior sensibilidade do SNA para a manutenção do equilíbrio hemodinâmico (Zenon *et al*, 2003, Newman; Callister, 2009);
- e) No bloco **Pós-voo**, o grupo AERO apresentou menor valor de $\Delta\%$ (-3,77%), em comparação aos outros dois grupos, o que corrobora os achados de estudos anteriores, que apresentaram a permanência de retirada vagal após uma série de esforço gravitacional (Newman; Callister, 2009; Scott *et al.*, 2007; Hargens; Bhattacharya; Schneider, 2013; Silva 2016); e
- f) Ainda no bloco **Pós-voo**, o grupo EDA apresentou o valor de $\Delta\%$ de -0,55%, enquanto o grupo INSTR apresentou valor positivo com 1,50%, o que pode estar relacionado, além do nível de experiência em horas, com a adaptação a rotina de voo desses grupos, corroborando os achados de estudos anteriores que tratam das

adaptações crônicas no sistema cardiovascular, com o aumento de sensibilidade de respostas e consequente modulação da VFC (Convertino, 2001, Newman; Callister, 2008, Newman; Callister, 2009, Sá, 2015).

Os resultados do índice SDNN entre os Grupos, estão descritos na Tabela 11.

Tabela 11 - SDNN entre Grupos

Blocos do Voo	Grupo	SDNN		IC 95%	Δ%
		Média ± DP	Inferior	Superior	
Pré-voo	AERO	47,65±15,50	7,81	87,48	---
	INSTR	43,68±15,12	14,34	73,02	---
	EDA	33,45± 7,87	5,49	61,41	---
Solo 1	AERO	46,54±19,76	7,63	85,44	-2,33
	INSTR	51,71±16,68	16,97	86,45	18,39
	EDA	38,37±11,37	6,29	70,45	14,71
Nivelado	AERO	46,42±11,36	7,61	85,23	-2,58
	INSTR	49,12±19,61	16,12	82,11	12,45
	EDA	37,44±12,86	6,14	68,73	11,93
S.A. 1	AERO	57,76±17,61	9,47	106,04	21,21
	INSTR	54,17±13,54	17,40	88,65	24,01
	EDA	53,03±8,85	8,88	99,45	58,53
Rec. 1	AERO	51,75±13,05	8,49	95,02	8,60
	INSTR	56,62±14,38	18,58	94,66	29,62
	EDA	40,88±13,16	6,70	75,06	22,21
S.A. 2	AERO	63,80±20,53	10,46	117,14	33,89
	INSTR	61,06±13,58	20,04	102,08	39,79
	EDA	57,61± 7,99	9,45	105,77	72,22
Rec. 2	AERO	50,25±15,36	8,24	92,26	5,45
	INSTR	57,32±16,54	18,81	95,82	31,22
	EDA	43,79±12,22	7,18	80,40	30,91
S.A. 3	AERO	59,61±16,20	9,77	109,45	25,10
	INSTR	62,16±15,69	20,40	103,92	42,30
	EDA	46,52±13,44	7,63	85,42	39,07
Rec. 3	AERO	55,10±17,64	9,03	101,16	15,63
	INSTR	52,88±21,76	17,35	88,40	21,06
	EDA	46,67±12,51	7,65	85,68	39,52
Solo 2	AERO	55,24±22,51	9,06	101,42	15,93
	INSTR	49,34±16,37	16,19	82,48	12,96
	EDA	40,27±13,89	6,60	73,93	20,39
Pós-voo	AERO	39,96±11,56	6,55	73,37	-16,13
	INSTR	48,19±14,54	15,81	80,56	10,32
	EDA	38,95±11,96	6,39	71,51	16,44

Legenda: AERO - Grupo Aeronavegantes; INSTR - Grupo Pilotos Instrutores 1º EIA; EDA - Pilotos do Esquadrão de Demonstração Aérea; DP - Desvio padrão, IC - Índice de Confiança; Δ% - Delta percentual; S.A.1 – Sequência Acrobática 1; Rec.1 – Recuperação 1; S.A.2 – Sequência Acrobática 2; Rec.2 – Recuperação 2; S.A.3 – Sequência Acrobática 3.

Seguem algumas considerações para os resultados de SDNN entre os grupos:

- a) Nos blocos **S.A.1**, **S.A.2** e **S.A.3** o grupo **AERO** apresentou valores de $\Delta\%$ menores (22,21%, 33,89% e 25,10%), quando comparado com os outros grupos mais experientes (Newman; Callister, 2009; Sá, 2015; Silva, 2016);
- b) Ainda nos blocos acrobáticos, o grupo INSTR apresentou elevação de valores de $\Delta\%$ (24,01%, 39,79% e 42,30%) enquanto o grupo EDA apresentou valores de $\Delta\%$ maiores em **S.A.1** e **S.A.2** (58,53% e 72,22%) corroborando com os achados de estudos anteriores sobre as adaptações do sistema cardiovascular, apresentando uma maior sensibilidade as alterações pressóricas no sistema cardiovascular, para enfrentar o estresse provocado pela ação da Força Gz (Convertino, 2001; Newman; Callister, 2009; Eiken; Mekjavic; Sundblad, 2012, Pendergast; Olszowka; Farhi, 2012);
- c) No bloco **S.A.3** o grupo EDA apresentou redução do valor de $\Delta\%$ (39,07%) quando comparado com os blocos anteriores, o que significar um acúmulo de fadiga nos sistemas compensatórios diante do esforço no ambiente de hipergravidade (Convertino, 2001; Tripp *et al*, 2006);
- d) Nos blocos de **Recuperação**, o grupo AERO apresentou valores de $\Delta\%$ menores (8,6%, 5,45% e 15,63%), enquanto os outros dois grupos mantiveram valores mais elevados, corroborando os achados anteriores, que tratam da manutenção de atividade do SNA em indivíduo adaptados ao ambiente de hipergravidade (Convertino, 2001; Zenon *et al*, 2003; Newman; Callister, 2009; Sá, 2015); e
- e) Nos blocos **Rec.3**, **Solo 2** e **Pós-voo**, ao final do voo, o grupo AERO apresentou valores de $\Delta\%$ (15,65%, 15,93% e -16,13%), enquanto o grupo INSTR apresentou valores de $\Delta\%$ ligeiramente superior (21,06%, 12,96% e 10,32%), e o grupo EDA apresentou maior valores de $\Delta\%$ (39,52%, 20,39% e 16,44%), o que pode estar relacionado com o nível de experiência em horas de voo de cada grupo (AERO > INSTR > EDA).

Ainda sobre os resultados para SDNN, os valores absolutos diferem dos achados de Silva (2016) possivelmente pela diferença de desenho metodológico utilizado na avaliação, no qual os pilotos estavam atuando diretamente nos comandos da aeronave, o que traz consigo toda a carga de trabalho psicológico, antecipação aos comandos, além da força necessária para atuar nos comandos.

Há ainda a diferença de aeronave, em Silva (2016) foram utilizadas as aeronaves *Mirage 2000* da FAB, que possuem uma capacidade acelerativa que podem ultrapassar +9 Gz e à própria velocidade do som, chegando até 2.300 km/h. Essa performance é muito diferente da aeronave que foi utilizada em nosso estudo, cujo limite é de até +6 Gz e velocidade máxima chega a 528 km/h, sendo que a primeira aeronave é mais apropriada para missão de defesa aérea, e a segunda, o T-27 Tucano, mais adequada para a instrução de voo (Silva, 2016; Comando da Aeronáutica, 2021b).

Os resultados do índice RMSSD entre os Grupos, estão descritos na Tabela 12.

Tabela 12 - RMSSD entre Grupos

RMSSD					
Blocos do Voo	Grupo	Média ± DP	IC 95%		Δ%
			Inferior	Superior	
Pré-voo	AERO	46,97±25,35	7,70	86,24	---
	INSTR	35,69±15,92	11,71	59,67	---
	EDA	25,91±6,90	4,25	47,58	---
Solo 1	AERO	37,18±16,99	6,10	68,26	-20,84
	INSTR	42,77±21,74	14,04	71,50	19,83
	EDA	27,97±7,39	4,59	51,35	7,92
Nivelado	AERO	38,62±16,89	6,33	70,91	-17,78
	INSTR	37,03±14,08	12,15	61,91	3,75
	EDA	27,86±8,54	4,57	51,16	7,53
S.A. 1	AERO	35,52±9,16	5,82	65,21	-24,38
	INSTR	34,14±11,37	11,21	57,08	-4,34
	EDA	27,66±3,73	4,54	50,79	6,75
Rec. 1	AERO	41,61±15,98	6,82	76,39	-11,41
	INSTR	40,25±12,87	13,21	67,28	12,78
	EDA	28,51±7,53	4,68	52,35	10,03
S.A. 2	AERO	37,21±11,40	6,10	68,31	-20,78
	INSTR	35,23±11,38	11,56	58,89	-1,29
	EDA	28,93±7,39	4,74	53,12	11,66
Rec. 2	AERO	38,87±14,52	6,37	71,36	-17,25
	INSTR	42,63±14,80	13,99	71,27	19,44
	EDA	29,78±8,38	4,88	54,67	14,94
S.A. 3	AERO	34,67±9,21	5,69	63,66	-26,19
	INSTR	36,06±12,37	11,83	60,29	1,04
	EDA	25,28±7,43	4,15	46,42	-2,43
Rec. 3	AERO	41,26±22,22	6,77	75,75	-12,16
	INSTR	42,68±19,54	14,01	71,35	19,59
	EDA	30,03±8,36	4,92	55,14	15,90
Solo 2	AERO	40,09±19,24	6,57	73,61	-14,65
	INSTR	35,86±14,16	11,66	59,38	0,48
	EDA	26,00±7,67	4,26	47,73	0,35
Pós-voo	AERO	35,14±20,10	5,76	64,51	-25,19
	INSTR	37,83±12,52	12,42	63,25	5,99
	EDA	26,99±7,40	4,43	49,56	4,17

Legenda: AERO - Grupo Aeronavegantes; INSTR - Grupo Pilotos Instrutores 1º EIA; EDA - Pilotos do Esquadrão de Demonstração Aérea; DP - Desvio padrão, IC - Índice de Confiança; Δ% - Delta percentual; S.A.1 – Sequência Acrobática 1; Rec.1 – Recuperação 1; S.A.2 – Sequência Acrobática 2; Rec.2 – Recuperação 2; S.A.3 – Sequência Acrobática 3

O índice RMSSD representa a atividade do ramo parassimpático do SNA e, para um melhor entendimento dos resultados, serão analisados em conjunto com os valores do SDNN, que representa o nível de atividade do SNA, nos ramos simpático e parassimpático. Seguem algumas considerações para os resultados de RMSSD entre os grupos:

- a) Nos blocos **S.A.1**, **S.A.2** e **S.A.3** o grupo AERO apresentou valores de $\Delta\%$ menores (-24,38%, -20,78% e -26,10%), quando comparado com os outros grupos, demonstrando uma maior retirada vagal desse grupo menos experiente (Newman; Callister, 2009; Sá, 2015; Silva, 2016);
- b) Ainda nos blocos acrobáticos, o grupo INSTR apresentou elevação dos valores de $\Delta\%$ para o RMSSD, assim como ocorreu para o índice SDNN (-4,34% x 24,01%, -1,29% x 39,79% e 1,04% x 42,30%) e o grupo EDA em **S.A.1** e **S.A.2** (6,75% x 58,53% e 11,66% x 72,22%), corroborando com os achados de estudos anteriores (Convertino, 2001; Newman; Callister, 2009; Eiken; Mekjavic; Sundblad, 2012, Pendergast; Olszowka; Farhi, 2012);
- c) Nos blocos de **Recuperação**, o grupo AERO apresentou valores de $\Delta\%$ negativos (-11,41%, -17,25% e -12,16%), enquanto os outros grupos mantiveram valores positivos. O grupo EDA apresentou elevação de valores de $\Delta\%$ para o RMSSD, assim como ocorreu para o índice SDNN (10,03% x 22,21%, 14,94% x 30,91% e 15,90% x 39,52%), corroborando os achados anteriores (Convertino, 2001; Zenon *et al*, 2003; Newman; Callister, 2009); e
- d) Nos blocos **Rec.3**, **Solo 2** e **Pós-voo**, ao final do voo, o grupo AERO apresentou valores de $\Delta\%$ negativos, ficando mais negativo ao final do voo (-12,16%, -14,65% e -25,19%), com destaque ao último bloco, em que o índice RMSSD foi mais negativo e o valor de SDNN também foi negativo (-25,19% x -16,13%). No sentido oposto, os outros dois grupos apresentaram valores de $\Delta\%$ positivos, inclusive no último bloco, INSTR (5,99%) e EDA (4,17%).

Nos blocos com alteração de altitude e carga Gz, os grupos apresentaram retirada vagal, conforme previram Convertino (2001) e Newman e Callister (2009), assim como ocorreu a retomada da atividade do ramo parassimpático (vagal) nos blocos de recuperação, com valores positivos do $\Delta\%$, conforme descrito nos achados de Sá (2015) e relatado por Zenon *et al* (2003).

Um fator que pode ter influenciado na redução de valores do $\Delta\%$ no grupo AERO, principalmente no final do voo, reside na desidratação provocada pelo efeito térmico, que acaba afetando a tolerância a cargas Gz, em virtude da perda de volemia sanguínea e, consequente, o aumento de hematócritos, que diminui a pressão ao nível dos olhos, fato que foi experienciado de forma mais aguda em voos acrobáticos de combate (Gradwell; Rainford, 2016; Joyner; Limberg, 2014; Silva, 2016).

Os resultados do índice SD1 entre os Grupos, estão descritos na Tabela 13.

Tabela 13 - SD1 entre Grupos

SD1					
Blocos do Voo	Grupo	Média	IC 95%		Δ%
			Inferior	Superior	
Pré-voo	AERO	33,27±17,95	2,94	32,96	---
	INSTR	25,28±11,28	3,70	18,86	---
	EDA	18,35±4,89	0,80	8,97	---
Solo 1	AERO	26,32±12,03	1,97	22,09	-20,88
	INSTR	30,29±15,40	5,05	25,75	19,83
	EDA	19,80±5,23	0,86	9,61	7,91
Nivelado	AERO	27,35±11,96	1,96	21,96	-17,79
	INSTR	26,22±9,97	3,27	16,67	3,72
	EDA	19,73±6,05	0,99	11,10	7,52
S.A. 1	AERO	25,15±6,48	1,06	11,90	-24,41
	INSTR	24,17±8,05	2,64	13,46	-4,39
	EDA	19,58±2,64	0,43	4,85	6,70
Rec. 1	AERO	29,47±11,32	1,86	20,78	-11,42
	INSTR	28,51±9,12	2,99	15,25	12,78
	EDA	20,19±5,33	0,87	9,79	10,03
S.A. 2	AERO	26,34±8,07	1,32	14,82	-20,83
	INSTR	24,94±8,06	2,65	13,47	-1,34
	EDA	20,48±5,23	0,86	9,61	11,61
Rec. 2	AERO	27,54±10,28	1,69	18,88	-17,22
	INSTR	30,20±10,49	3,44	17,54	19,46
	EDA	21,09±5,94	0,97	10,90	14,93
S.A. 3	AERO	24,55±6,53	1,07	11,98	-26,21
	INSTR	25,53±8,76	2,88	14,65	0,99
	EDA	17,90±5,26	0,86	9,65	-2,45
Rec. 3	AERO	29,22±15,74	2,58	28,89	-12,17
	INSTR	30,22±13,84	4,54	23,14	19,54
	EDA	21,27±5,92	0,97	10,87	15,91
Solo 2	AERO	28,39±13,63	2,23	25,02	-14,67
	INSTR	25,41±10,03	3,29	16,77	0,51
	EDA	18,41±5,43	0,89	9,97	0,33
Pós-voo	AERO	24,88±14,24	2,33	26,14	-25,22
	INSTR	26,79±8,87	2,91	14,83	5,97
	EDA	19,11±5,24	0,86	9,62	4,14

Legenda: AERO - Grupo Aeronavegantes; INSTR - Grupo Pilotos Instrutores 1º EIA; EDA - Pilotos do Esquadrão de Demonstração Aérea; DP - Desvio padrão, IC - Índice de Confiança; $\Delta\%$ - Delta percentual; S.A.1 – Sequência Acrobática 1; Rec.1 – Recuperação 1; S.A.2 – Sequência Acrobática 2; Rec.2 – Recuperação 2; S.A.3 – Sequência Acrobática 3.

Os valores apresentados para o índice RMSSD foram semelhantes para o SD1 em virtude da composição do cálculo desses dois índices, sendo que o parâmetro do primeiro é no

domínio do tempo e o segundo possui uma construção não linear. Os resultados apresentados podem servir para futuras pesquisas, principalmente para a análise da influência do nível de experiência em pilotos.

Para a análise do SD1, os resultados foram similares ao apresentado no tópico anterior, não havendo considerações complementares. Futuros estudos podem analisar a dispersão dos valores utilizando, com os devidos ajustes metodológicos, o parâmetro SD2, para formação do gráfico de Poincaré, e avançar as pesquisas no campo não linear, para uma melhor compreensão da evolução de respostas do sistema cardiovascular, diante da fadiga dos sistemas compensatórios frente ao esforço gravitacional repetitivo (Convertino, 2001; Tripp *et al*, 2006; Newman; Callister, 2009; Eiken; Mekjavic; Sundblad, 2012, Pendergast; Olszowka; Farhi, 2012).

5 CONCLUSÃO

O estudo teve como objetivo analisar as respostas autonômicas cardiovasculares, por meio da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) de pilotos e não pilotos em voo, para verificar se o nível de experiência em quantidade de horas de voo acrobático estaria relacionado a uma maior tolerância às alterações de altitude e carga Gz.

Para tanto, foi desenvolvido um desenho metodológico para avaliação de pilotos durante voo acrobático real, buscou atender aos princípios acadêmicos, com todo o rigor científico, respeitando às regras operacionais e doutrinárias, além de atender aos princípios da oportunidade e economicidade, tendo em vista que nesse modelo de avaliação não ocorre custos adicionais para União por utilizar uma disponibilidade operacional pré-existente no 1ºEIA.

Os resultados apresentados confirmaram a viabilidade do desenho metodológico, demonstrando as diferenças nas variáveis da VFC entre os blocos avaliados. Para responder a segunda hipótese desse estudo, os voluntários foram divididos de acordo com o nível de experiência em horas de voo acrobático. A partir dos resultados apresentados, conclui-se que:

a) Nos blocos acrobáticos:

- I. O grupo AERO (menos experiente), nos blocos acrobáticos, apresentou elevação de valores de atividade do SNA menor do que os outros grupos, contudo, apresentou uma maior retirada do ramo parassimpático (vagal);
- II. O grupo INSTR apresentou elevação de atividade do SNA do primeiro ao terceiro bloco acrobático, enquanto no ramo parassimpático, apresentou redução de atividade no primeiro e segundo blocos e pequeno aumento no terceiro bloco; e
- III. O grupo EDA apresentou elevação de atividade do SNA do primeiro para o segundo bloco e no terceiro bloco, apesar de ser positivo, foi menor que o bloco anterior. No ramo parassimpático, apresentou valores positivos (aumento de atividade vagal), no primeiro e segundo bloco, e redução de atividade no terceiro bloco (retirada vagal).

b) Nos blocos de recuperação:

- I. O grupo AERO apresentou redução de valores de atividade do SNA e do ramo parassimpático, enquanto os outros dois grupos apresentaram manutenção de valores superiores aos valores iniciais; e

- II. Os grupos INSTR e EDA apresentaram manutenção de valores mais elevados de atividade do SNA, provenientes do esforço gravitacional e no ramo parassimpático, apresentaram elevação de valores, no decorrer dos blocos.
- c) Final do voo (Pós-voo):
 - I. O grupo AERO apresentou redução de atividade do SNA e do ramo parassimpático enquanto os grupos INSTR e EDA mantiveram valores positivos para o SNA e o ramo parassimpático.

Cabe ressaltar que os grupos mais experientes apresentaram valores de atividade do SNA, nos blocos de recuperação, superiores ao apresentado pelo grupo AERO nos blocos acrobáticos.

Ressalta-se aqui a importância de se analisar o conjunto de índices da VFC, pois apesar dos valores absolutos da FC se apresentar de forma similar entre os grupos avaliados, esses valores representam apenas o resultado de equilíbrio dos ramos simpático e parassimpático do SNA, sendo necessária uma análise mais aprofundada. Os resultados do nosso estudo demonstraram que essa importância, no qual o grupo menos experiente apresentou redução de atividade do SNA, enquanto os outros dois grupos apresentaram manutenção de valores mais elevados.

Os resultados dessa pesquisa indicam a possibilidade de realização de novos estudos na área do desempenho humano operacional para traçar um perfil de respostas dos índices da VFC, que podem auxiliar no desenvolvimento de treinamentos mais eficientes, em terra e ar, para os pilotos, tanto de combate, como os demais tipos de aviação militar.

6 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A limitação principal deste estudo ficou relacionada com o número de voluntários disponíveis para realizar as avaliações, levando-se em consideração que o público autorizado a realizar voos a bordo da aeronave T-27 é reduzido. Esse aspecto foi agravado em virtude do cenário mundial de pandemia em virtude da COVID-19, que perdurou os anos de 2020, 2021 e 2022, sendo o período crítico do estudo, que consistiu no desenvolvimento e coleta de dados de campo e em voo.

Outra limitação do estudo residiu na própria dinâmica das atividades operacionais, visto que qualquer modificação nos parâmetros estabelecidos para a avaliação em voo, todas informações do bloco eram descartadas e uma nova avaliação era agendada.

Por fim, a própria estrutura deste estudo, cujo “n” disponível foi dividido em grupos, reduzindo esse valor, e comprometendo a realização da análise estatística mais robusta. Ainda assim, os resultados indicaram diferenças significantes entre os grupos, dentro de cada bloco avaliado, conforme veremos a seguir.

7 PROPOSTAS PARA FUTUROS ESTUDOS

Os resultados alcançados responderam aos objetivos propostos pelo estudo e esclareceram questões anteriores, entretanto, alguns pontos podem ser explorados em futuras pesquisas:

- 1) Qual seria a influência da capacidade aeróbia / anaeróbia nas respostas da VFC em pilotos durante o mesmo perfil de voo?
- 2) Qual seria a influência de um programa de treinamento específico para aumento da aptidão aeróbia nos índices da VFC em pilotos durante o voo?
- 3) Qual seria a influência de um programa de treinamento específico para aumento da aptidão anaeróbia nos índices da VFC em pilotos durante o voo?
- 4) Qual seria a influência do nível de hidratação nas respostas dos índices da VFC em pilotos durante o voo?
- 5) Quais seriam os valores dos índices da VFC que corresponderiam a alta performance em voo?
- 6) Quais seria os valores da VFC esperados para a ação?

8 PRODUTO TÉCNICO PROFISSIONAL

Com a finalidade de atender a natureza epistemológica dos Mestrados Profissionais, qual seja a de contribuir para a produção, apropriação e aplicação do conhecimento embasado no rigor metodológico e nos fundamentos científicos, com foco na pesquisa aplicada e a proposição de inovações e aperfeiçoamentos tecnológicos para a resolução de situações e problemas concretos, nosso estudo buscou contribuir com dois produtos técnicos profissionais.

Os produtos técnicos apresentados estão nos anexos deste TCC, nomeados da seguinte forma:

- 1) Anexo B - Protocolo de fixação de câmera na aeronave T-27;
- 2) Anexo C - Protocolo para avaliação cardiovascular de pilotos em voo; e
- 3) Anexo D – Curso de capacitação técnica.

Os produtos técnicos apresentados poderão ser utilizados no aprimoramento de treinamentos de pilotos reduzindo custos operacionais na formação, além de elevar a capacidade operacional e o desempenho humano operacional dos militares da FAB.

REFERÊNCIAS

American College of Sports Medicine. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. Tradução de Dilza Balteiro Pereira de Campos. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2014.

ALBUQUERQUE, M. P. **Desenvolvimento de uma centrífuga humana movida a exercício para treinamento de pilotos e pesquisas aeroespaciais**. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, v. Dissertação - Programa da Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Elétrica, 2012.

ASANO, R. Y. *et al.* Comparação da potência e capacidade anaeróbia em jogadores de diferentes categorias de futebol. **Motricidade**, v. 9, n. 1, p. 5–12, 2013.

ASSA, A. *et al.* Echocardiographic evaluation and follow-up of cardiac and aortic indexes in aviators exposed to acceleration forces. **Journal American Society Echocardiograph**. 24(10):1163-7, 2011.

BANKS, R. D. *et al.* Human Response to Acceleration. In: DAVIS, Jeffrey R. **Fundamentals of aerospace medicine**. 4a ed. Philadelphia. PA 19106 USA, 2008.

BARROS, H. L. Santos Dumont e a Invenção do Avião. Rio de Janeiro: CBPF, 2006.

BERNTSON, G. G.; CACIOPPO, J. T.; GROSSMAN, P. Whither vagal tone. **Biological Psychology**, v. 74, n. 2, p. 295–300, fev. 2007.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **20 de julho – Dia do nascimento de Alberto Santos Dumont**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/santosdumont150anos/>. Acesso em: 20 de jul. de 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Manual de Instrução de voo e Manual voo por instrumentos**. Academia da Força Aérea, Pirassununga – SP, n. 2, f. 276, mar. 1988.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria AFA Nº 225/AFA_CMDO, de 7 de dezembro de 2021, aprova a reedição do Manual de Procedimentos do 1º EIA. **Boletim Interno da Academia da Força Aérea**, Pirassununga - SP, f. 189, dez. 2021a.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria AFA Nº 225/AFA_CMDO, de 7 de dezembro de 2021, aprova a reedição do Programa de Instrução e Manutenção Operacional da AFA. **Boletim Interno da Academia da Força Aérea**, Pirassununga - SP, p.197, dez. 2021b.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Comando-Geral do Pessoal 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**, Rio de Janeiro, nº 87, mai. 2020a.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria Nº 1.597/GC3, de 10 de outubro de 2018, Aprova a reedição da DCA 11-45 - Concepção Estratégica - Força Aérea 100. (DCA 11-45). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, nº 180, out. 2018.

BRASIL. Ministério Da Defesa. Comando Da Aeronáutica. COPAC - 40 Anos. **Revista eletrônica Comissão Coordenadora Do Programa Aeronave De Combate**. Brasília: [s.n.], 2021c.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria DIRSA Nº 39/SECDTEC, de 31 de março de 2016, aprova a reedição da ICA 160-6 - Instruções técnicas das inspeções de saúde na aeronáutica. (ICA 160-6). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, nº 57, abr. 2016.

BRASIL. Ministério da Defesa. Força Aérea Brasileira. **Simpósio em Brasília (DF) apresenta capacidades do F-39 Gripen**. Disponível em: <[https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/36491/NOVO%20CA%C3%87A%20%20Simp%C3%B3sio%20em%20Bras%C3%ADlia%20\(DF\)%20apresenta%20capacidades%20do%20F-39%20Gripen](https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/36491/NOVO%20CA%C3%87A%20%20Simp%C3%B3sio%20em%20Bras%C3%ADlia%20(DF)%20apresenta%20capacidades%20do%20F-39%20Gripen)>. Acesso em: 27 de jan. 2021. Brasília – DF, 2020b.

BRASIL. Ministério da Educação. Gabinete do Ministro. Portaria Normativa/MEC nº 17, **dispõe sobre o mestrado profissional no âmbito da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior** – CAPES. DOU nº 248, seção 1, p. 20, 2009.

CAFISO, S.; DI GRAZIANO, A. e PAPPALARDO, G. Using the Delphi method to evaluate opinions of public transport managers on bus safety. **Safety Science**, v. 57, p. 254–263, Ago 2013.

CAO, X; Macnaughton, P; Cadet, L.R.; Cedeno-Laurent, J.G.; Flanigan, S.; Vallarino, J.; Donnelly-Mclay, D.; Christiani, D.C.; Spengler, J.D.; Allen, J.G. Heart rate variability and performance of commercial airline pilots during flights simulations. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 2, 2019. doi.org/103390/ijerph16020237.

CARPENTER, M.G.; ALLUM, J.H.J.; HONEGGER, F. Vestibular influences on human postural control in combinations of pitch and roll planes reveal differences in spatiotemporal processing. **Experience Brain Research**. 2001;140: 95–111. doi:10.1007/s002210100802

CHIANG, K., et al. A Cardiac Force Index Applied to the G Tolerance Test and Surveillance among Male Military Aircrew. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.18, 8832, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168832>.

CONVERTINO, V.A. Mechanisms of blood pressure regulation that differ in men repeatedly exposed to high-G acceleration. **American Journal Physiology Regulatory Integrative Comp Physiology**, 280: R947–R958, 2001.

CUNHA, R.D. da. História da Força Aérea Brasileira: Neiva T-25 Universal. Disponível em: <<https://historiadafab.rudnei.cunha.nom.br/2021/01/24/neiva-t-25-universal/>>. Acesso em: 19 de set. de 2019.

DAVIS, J.R.; Johnson, R.; Stepanek, J.; Fogarty, J.A. **Fundamentals of Aerospace Medicine. 4th ed.** Wolters Kluwer, Philadelphia, USA, p.724, 2008.

EIKEN, O.; MEKJAVIC, I.; SUNDBLAD, P. G tolerance vis-à-vis pressure-distension and pressure-flow relationships of leg arteries. **European Journal of Applied Physiology**. v.112, p.3619-27, 2012.

Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. **Manual de voo: Avião T-27, EMB-312 TUCANO.** 22ª revisão, São José dos Campos - SP p.370, 2019.

EVANS, A.D.; Watson, D.B.; Evans, S.A.; Hastings, J.; Singh, J.; Thibeault, C. Safety management as a foundation for evidence-based aeromedical standards and reporting of medical events. **Aviation Space Environmental Medicine** v. 80, p. 511-515, 2009.

GILES, D.; DRAPER, N.; NEIL, W. Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 3, p. 563–571, 26 dez. 2015.

GRADWELL, D.P. e RAINFORD, D.J. **Ernsting's aviation and space medicine.** 4th ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, USA, p.893, 2016.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado De Fisiologia Médica.** 13ª. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

HAN W-Q; Hu W-D, Dong M-Q; Fu Z-J; Wen Z-H; Cheng H-W; et al. Cerebral hemodynamics and brain functional activity during lower body negative pressure. **Aviation Space Environmental Medicine.** 2009;80: 698–702.

HARDY, D.J.; PARASURAMAN, R. Cognition and flight performance in older pilots. **Journal Experience Psychology Application** v.3: p. 313-348, 1997.

HARGENS A.R.; BHATTACHARYA R.; SCHNEIDER S.M. Space physiology VI: exercise, artificial gravity, and countermeasure development for prolonged space flight **European Journal of Applied Physiology**. 2013;113: 2183–92. doi:10.1007/s00421-012-2523-5.

JASP TEAM. **Pacote Estatístico JASP.** Países Baixos: JASP Team. Disponível em: <<https://jasp-stats.org/>>. Acesso em 25 de jan de 2023, 2022.

JOYNER, M.J. e LIMBERG, J.K. Blood pressure regulation: Every adaptation is an integration? **European Journal of Applied Physiology**.2014;114(3): p. 445-450. doi:10.1007/s00421-013-2636-5.

LAKENS, D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. **Frontiers in Psychology**, v. 4, 2013. Disponível em: <<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2013.00863/abstract>>. Acesso em: 25 dez 2022.

LENHARD, Wolfgang; LENHARD, Alexandra. **Computation of Effect Sizes.** [S.l.]: Unpublished. Disponível em: <<http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.17823.92329>>. Acesso em: 25 dez 2022. , 2017.

LIZANA, C. J. R. *et al.* Análise da potência aeróbia de futebolistas por meio de teste de campo e teste laboratorial. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, n. 6, p. 447–450, dez. 2014.

MENDES, E. *et al.* Effects of Workload in Novice Military Transport Flights on Autonomic Modulation and Cognitive Performance: An Observational Cross-Sectional Study. **Journal of Physical Education**, 90, 4, 282-298, dez. 2021.

MEZÊNCIO, B. *et al.* Análise da validade dos parâmetros absolutos e relativos para o cálculo da potência anaeróbia no RAST. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 28, n. 1, p. 7–12, mar. 2014.

NEWMAN, D.G. e CALLISTER, R. Cardiovascular training effects in fighter pilots induced by occupational high G exposure, **Aviation Space Environmental Medicine**, v. 79(8), p. 774-8, 2008.

NEWMAN, D.G. e CALLISTER, R. Flying experience and cardiovascular response to rapid head-up tilt in fighter pilots. **Aviation Space Environmental Medicine**, n. 80 (8), p. 723-6, 2009.

PENDERGAST, D.R.; OLSZOWKA, A.; FARHI, L.E. Cardiovascular and Pulmonary Responses to Increased Acceleration Forces During Rest and Exercise. *Aviat. Space Environ Med*; v.83, p. 488 – 95, 2012.

PIRES, G.P. Periodização ondulatória: Efeitos de 14 semanas de um programa de treinamento de força em nadadores jovens. v. 308f. **Tese (Doutorado) - Universidade São Judas Tadeu**, São Paulo, 2014.

QUEIROGA, M.R. *et al.* Validity of the RAST for evaluating anaerobic power performance as compared to Wingate test in cycling athletes. Motriz: **Revista de Educação Física**, v. 19, n. 4, p. 696–702, dez. 2013.

QUINTANA, D.S.; HEATHERS, J.A.J.; KEMP, A.H. On the validity of using the Polar RS800 heart rate monitor for heart rate variability research. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 12, p. 4179–4180, 2012. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2453-2>.

RANGEL, A.N. *et al.* **Desafios ao desenvolvimento da base industrial de defesa: A busca pela soberania nacional.** Ministério da Defesa. Disponível em: <desafiosa_ao_desenvolvimentoa_daa_basea_industrial_a_dea_defesaa_aa_buscaa_pela_soberaniaa_nacional.pdf>. Acesso em: 25 de jan 2021, 2020.

REILLY, T.; Bangsbo, J.; Franks, A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Sciences*, v. 18, n. 9, p. 669–683, jan. 2000.

RODRIGUEZ, D. Hidratação e treinamento de força: Alterações no volume plasmático influenciam a hipotensão pós-exercício, trabalho cardíaco e complacência arterial. 2019. 137f. **Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade São Judas Tadeu**, São Paulo, 2019.

ROY, T.C.; SPRINGER, B.A.; MCNULTY, V.; BUTLER, N.L. **Physical Fitness. Military Medicine.** v. 175, p. 14-20, 2010. DOI: 10.7205/MILMED-D-10-00058

RUSSO, M.B.; STETZ, M.C.; THOMAS, M.L. Monitoring and predicting cognitive state and performance via physiological correlates of neuronal signals. **Aviation Space Environmental Medicine;** v. 76, p. 59-63, 2005.

SÁ, G.B. Efeitos fisiológicos da aviação de combate e do condicionamento cardiorrespiratório sobre o controle autonômico cardiovascular. v. 81f. **Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Fluminense**, Rio de Janeiro, 2015.

SASSI, R. *et al.* Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the **Asia Pacific Heart Rhythm Society. Europace**, v. 17, n. 9, p. 1341–1353, 14 jul. 2015.

SAUVET, F.; JOUANIN, J.C.; LANGRUME, C.; VAN BEERS, P.; PAPELIER, Y.; DUSSAULT, C. Heart rate variability in novice pilots during and after a multi-leg Cross-country flight. **Aviation Space Environmental Medicine**, v. 80, p. 862-869, 2009.

SCOTT, J.M.; Esch B.T.; Goodman L.S.; Bredin S.S.; Haykowsky M.J.; Warburton D.E. Cardiovascular consequences of high-performance aircraft maneuvers: implications for effective countermeasures and laboratory-based simulations. **Appl Physiol Nutr Metab.** 2007;32(2):332-9.

SILVA-JUNIOR, C. J. *et al.* Relação entre as potências de sprint e salto vertical em jovens atletas de futebol. **Motricidade**, v. 7, n. 4, p. 5–13, 2011.

SILVA, I.O. Respostas autonômicas e cardiovasculares em voo e sua relação com a aptidão física. v. 155f. **Tese (Doutorado) - Universidade Católica de Brasília**, Brasília, 2016.

SILVA JÚNIOR, F. C. Atividade física dos pilotos de caça da FAB: análise da realidade e proposição de estratégias para implantação de programas de treinamento específicos. **Dissertação (Mestrado) - Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro**, 2006.

STEINKRAUS, L.W.; RAYMAN, R.B.; BUTLER, W.P.; MARSH, W.E.; COWL, C.T. Aeromedical decision making - It may be time for a paradigm change. **Aviation Space Environmental Medicine**, v. 83, p. 1006-1007, 2012.

TASK FORCE, COMMITTEE OF THE. Task Force of The European Society Of Cardiology Ante The North American Society Of Pacing And Electrophysiology. **Heart Rate Variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use.** v. 93, n. 5, p. 1043–1065, mar. 1996.

THOMAS, M.L.; RUSSO, M.B. Neurocognitive monitors: toward the prevention of cognitive performance decrements and catastrophic failures in the operational environment. **Aviation Space Environmental Medicine;** v. 78 (5, Suppl.): p.144-52, 2007.

TOMCZAK, Maciej; TOMCZAK, Ewa. The need to report effect size estimates revisited. An overview of some recommended measures of effect size. **Trends in sport sciences**, v. 1, n. 21, p. 19–25, 2014.

TRIPP, L.D.; Warm, J.S.; Matthews, G.; Chiu, P.; Werchan, P.; Deaton, J.E. +Gz acceleration loss of consciousness: Time course of performance deficits with repeated experience. **Human Factors**, v. 48: p. 109–120, 2006. doi:10.1518/001872006776412144.

VALENTI, V.E. O uso recente da Variabilidade da frequência cardíaca para pesquisa. **Journal of Human Growth and Development**, v. 25, n. 2, p. 137–140, 23 ago. 2015.

VANDERLEI, L.C.M. *et al.* Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 41, n. 10, p. 854–859, 30 set. 2008.

VANDERLEI, L. C. M. *et al.* Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Revista Brasileira Cirurgia Cardiovascular**. 24 (2): 205-217, 2009.

ZAWADZKA-BARTCZAK, E. K.; KOPKA, L. H. Cardiac arrhythmias during aerobatic flight and its simulation on a centrifuge. **Aviation Space Environmental Medicine**. 82(6): 599-603, Jun. 2011.

ZENON, G, Hetlof, G, Piotrowski, G, Goch, A. Evaluation of the Effect of Flights in Supersonic Fighters on Sinus Rhythm Variability Parameters. **Military Medicine**, v. 168, p. 91-95, 2003.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



Universidade da Força Aérea

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional

Parceria institucional: Marinha do Brasil – Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes

Parceria institucional: Exército Brasileiro – Centro de Capacitação Física do Exército e Fortaleza de São João

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Título do projeto: Análise de respostas autonômicas cardiovasculares de pilotos militares durante sequência de manobras acrobáticas.

Nome do Pesquisador: Edson KOURY do Nascimento, Cap Av, AFA/SP

Nome do Orientador: Gilberto Pivetta Pires, Prof. Dr., UNIFA/RJ

Nome do Coorientador: Adriano Percival Calderaro Calvo, Prof. Dr., UNIFA/RJ

Instituição/Departamento: Universidade da Força Aérea – UNIFA

Telefone para contato: (19) 99638-4976 - Cap Av Koury

Local da coleta de dados: Academia da Força Aérea – AFA, Pirassununga/SP

Prezado Senhor,

Eu, Edson Koury do Nascimento, aluno do Programa de Pós-graduação em Desempenho Humano Operacional (PPGDHO) pela Universidade da Força Aérea, venho por meio deste convidá-lo (a) a participar da pesquisa que possui como título: **Análise de respostas autonômicas cardiovasculares de pilotos militares durante sequência de manobras acrobáticas**, a qual tem a finalidade de: **Identificar, analisar e avaliar indicadores de tolerância a alterações de altitude e carga G baseadas no perfil cardíaco em pilotos, quando submetido a voo acrobático controlado..**

1. Informo que a participação na pesquisa é de caráter voluntário, caso aceite participar, serão realizados preenchimento de coleta de medidas antropométricas, realização de testes três testes físicos com intervalo mínimo de 48 horas entre eles e após serão coletadas as respostas

Endereço do CEP/HFASP:

Av. Olavo Fontoura, nº 1400, Santana, Hospital de Força Aérea de São Paulo, CEP: 03.012-021 – São Paulo/SP
E-mail: dep.hfasp@fab.mil.br / Telefone: (11) 2224-7031

autonômicas cardiovasculares, antes, durante e após um voo acrobático a bordo da aeronave T-27 Tucano, do Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea (1ºEIA) da Academia da Força Aérea (AFA).

2. Os testes no solo serão aplicados por militares capacitados com o CATF. Para determinar a potência anaeróbia são: Impulsão vertical e *Running Anaerobic Sprint Test* (RAST-Test) e para determinar a potência aeróbia, será empregado o *Yo-Yo Intermittent Recovery Test level 1* (YoYo IR1).

4. Para realizar o teste em voo, o voluntário deverá acompanhar a rotina de voo preconizada pelo 1º EIA, desde a preparação para o briefing, guarnecer da aeronave, realização do voo, debriefing e desmobilização final. O voo será do tipo Formatura e envolve a utilização de duas aeronaves, no qual o voluntário irá ocupar o posto de pilotagem traseiro da aeronave do líder, na posição de copiloto, sem ação nos comandos da aeronave e sem função a bordo. Durante todo esse período serão coletadas as respostas cardiovasculares.

5. Os riscos para os participantes deste estudo são relativos aos testes em solo, que pode contar com dores musculares localizadas, em virtude da atividade de alta intensidade. Já os riscos inerentes ao teste em voo são os mesmos da instrução aérea, que são os mesmos previstos para o Curso de Instrução básica do 1º EIA, previsto para o Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) da AFA. Visando mitigar e minimizar os riscos, o pesquisador garantirá a privacidade do aeronavegante voluntário, durante a avaliação antropométrica, na proteção dos dados coletados, bem como respeitar os limites físicos durante a aplicação das avaliações e dos testes. Ficará atento também aos sinais não verbais e, ao perceber risco à saúde ou à operação aérea, ou à própria instrução de voo, irá interromper o andamento do estudo imediatamente.

6. Os benefícios dos voluntários serão a identificação de parâmetros fisiológicos, quantificação de capacidade anaeróbia e aeróbia, além do aprimoramento de autoconsciência sobre as respostas cardíacas e limites físicos, os quais os testes de solo trazem como resultado.

7. O voluntário será informado sobre cada etapa, onde haverá um briefing geral para cada etapa e debriefing ao final, onde será garantido espaço para questionamentos e esclarecimentos.

8. A qualquer momento, o pesquisador irá suspender a pesquisa ao perceber que a saúde do voluntário esteja em risco.

Endereço do CEP/HFASP:

Av. Olavo Fontoura, nº 1400, Santana, Hospital de Força Aérea de São Paulo, CEP: 03.012-021 – São Paulo/SP
E-mail: dep.hfasp@fab.mil.br / Telefone: (11) 2224-7031

9. Os resultados deste estudo (parcial ou total) serão utilizados para desenvolvimento científicos, como a publicação em periódicos, revistas, livros, artigos e correlacionados. Apenas o pesquisador, orientador e o pessoal autorizado pela Pró-Reitoria da UNIFA, terão acesso aos dados deste estudo e ressalto que não há conflito de interesse. Ficará também garantida a proteção à imagem de do voluntário.

10. Este estudo não visa fins lucrativos, ou seja, não haverá custos para a sua participação, o qual será de livre vontade e gratuita. Reforço que você poderá desistir da participação do estudo a qualquer momento.

11. Após ler este Termo, receber todas as explicações, ter suas dúvidas esclarecidas e aceitar a participar do referido Estudo, solicito que sejam assinadas duas vias deste documento, os quais também serão assinados pelo pesquisador responsável.

12. Por fim, ressalto que para eventuais dúvidas e maiores esclarecimentos, o pesquisador responsável, Cap Av EDSON KOURY DO NASCIMENTO, pode ser contatado por meio do telefone (19) 98220-6266, e-mail: kouryav@gmail.com, kouryekn@fab.mil.br, ou no endereço Estrada de Aguai, S/N - Campo Fontenelle, Pirassununga - SP, CEP: 13631-060, Academia da Força Aérea (AFA) / DA / Seção de Identificação Militar.

13. Eu, _____
informo que ficaram claros para mim os objetivos desta pesquisa, quais serão os procedimentos que serão realizados, seus riscos e desconfortos físicos, que a minha participação é isenta de envolvimento financeiro e que terei acesso aos meus resultados a qualquer tempo e momento. Isto posto, informo que concordo de forma livre e esclarecida, em participar do referido estudo, e que está garantida a minha desistência e revogação de consentimento a qualquer momento, sem risco de penalidades ou prejuízos que eu possa ter aferido com a minha participação. Por fim, declaro que recebi uma cópia desse Termo De Consentimento Livre e Esclarecido devidamente assinado. Pirassununga-SP, ____ de _____ de _____.

Assinatura do Voluntário

Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires – Pesquisador Orientador do PPGDHO – UNIFA

Cap Av Edson Koury do Nascimento – Pesquisador Aluno do PPGDHO-UNIFA

Endereço do CEP/HFASP:

Av. Olavo Fontoura, nº 1400, Santana, Hospital de Força Aérea de São Paulo, CEP: 03.012-021 – São Paulo/SP
E-mail: dep.hfasp@fab.mil.br / Telefone: (11) 2224-7031

APÊNDICE B – FICHA DE ANAMNESE

					
Universidade da Força Aérea Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional Parceria institucional: Marinha do Brasil – Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes Parceria institucional: Exército Brasileiro – Centro de Capacitação Física do Exército e Fortaleza de São João					
FICHA DE ANAMNESE					
1. Nome Completo:					Data: / /
2. Nome de guerra:		3. Identidade		4. Data de Nascimento: / /	
5. Contato (celular):				6. E-mail:	
7. Quadro de tripulante:		() Aeronavegante () Instrutor de Voo () Esquadrilha da Fumaça			
8. Horas de Voo totais:		() até 500 () 500 a 1000 () 1000 a 1500 () mais de 1500			
9. Horas de voo acrobático		() até 500 () 500 a 1000 () 1000 a 1500 () mais de 1500			
10. QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA A PRÁTICA DE ATIVIDADES FÍSICAS (PAR-Q) Assinale “sim” ou “não” às perguntas abaixo, de acordo com seu histórico médico.					
PERGUNTAS DO PAR-Q				SIM	NÃO
10.1 Alguma vez foi recomendado por médico ou equipe médica, que só fizesse atividade física sob supervisão ou acompanhamento médico?					
10.2 Você faz uso de algum medicamento que impeça a prática de atividade física?					
10.3 Algum médico já lhe recomendou o uso de medicamentos para controle de pressão arterial, ou para alguma condição cardiovascular?					
10.4 Você sente dor no peito ao praticar atividade física?					
10.5 Você possui algum problema ósseo ou muscular que possa ser agravado pela prática de atividade física?					
10.6 Você tem tonturas, náuseas ou tende a perder a consciência ao realizar atividade física?					
10.7 Você possui alguma restrição à prática de atividade física?					
10.8 Você tem, por aconselhamento médico ou por experiência própria, alguma outra razão que impeça a sua prática segura de atividade física sem supervisão médica?					
<u>Muito obrigado pelo seu apoio!</u>					

APÊNDICE C – FICHA DE AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

			Universidade da Força Aérea Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional Parceria institucional: Marinha do Brasil – Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes Parceria institucional: Exército Brasileiro – Centro de Capacitação Física do Exército e Fortaleza de São João	
FICHA DE AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA				
1.Nome de guerra:			2. Data:	/ /
3.Identidade:		4. Idade:		5. FC Repouso:
6.Peso:		7. Estatura:		
8.Percentual de Gordura (%G) - Dobras Cutâneas (DC) em mm				
Dobra	1ª medida	2ª medida	3ª medida	Médias das 3 medidas
Subescapular				
Tríceps				
Peitoral				
Axilar média				
Supra-ilíaca				
Abdominal				
Femural médio				
			Somatório:	
<u>Muito obrigado pelo seu apoio!</u>				

ANEXO A – APROVAÇÃO DO ESTUDO PELO CEP-HFASP

DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Análise de respostas autonômicas cardiovasculares de pilotos militares durante sequência de manobras acrobáticas.

Pesquisador Responsável: GILBERTO PIVETTA PIRES

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 46959221.0.0000.8928

Submetido em: 17/05/2021

Instituição Proponente: COMANDO DA AERONAUTICA

Situação da Versão do Projeto: Aprovado

Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio



Comprovante de Recepção:  PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_1731889

ANEXO B – PROTOCOLO DE FIXAÇÃO DE CÂMERA NA AERONAVE T-27



Universidade da Força Aérea

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional

Parceria institucional: Marinha do Brasil – Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes

Parceria institucional: Exército Brasileiro – Centro de Capacitação Física do Exército e Fortaleza de São João

PRODUTO TÉCNICO - PROTOCOLO

Procedimento Operacional Padrão

1. NOME DO PRODUTO TÉCNICO

Protocolo de Fixação de Câmeras e Suportes Internos a Nacele das Aeronaves T-27 e AT-29.

2. DESCRIÇÃO E FINALIDADE

Um presente protocolo de Procedimento Operacional Padrão foi desenvolvido com a finalidade de garantir qualidade, produtividade e padronização no processo de fixação da câmera digital no interior das naceles das aeronaves T27 Tucano e AT-29 Super-Tucano, com segurança e sem prejuízo a operacionalidade, para registro de imagens de vídeo do painel da aeronave durante o voo.

3. CONEXÃO COM A PESQUISA E PRODUÇÃO CIENTÍFICA

Esta ação é consequência do trabalho de conclusão de curso (TCC) em desenvolvimento pelo Programa de Pós-graduação em Desempenho Humano Operacional (PPGDHO) da Universidade da Força Aérea (UNIFA) relacionado aos estudos: “**Análise de respostas autonômicas cardiovasculares de pilotos militares durante sequência de manobras acrobáticas**” do discente Cap QOAV Edson Koury do Nascimento (PPGDHO/UNIFA), sob a orientação do Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires (PPGDHO/UNIFA), professor permanente do programa.

A confecção deste protocolo se justificou pela necessidade da realização de registros dos instrumentos do painel das aeronaves de instrução T-27 Tucano da AFA e concomitância ao registro da Variabilidade de Frequência Cardíaca (VFC), com a finalidade da análise das respostas fisiológicas dos pilotos militares durante a realização de manobras aéreas.

4. AVANÇO TECNOLÓGICO

A proposta combina conhecimentos da área avaliação biomecânica pré-estabelecidas pela literatura com as especificidades da área da segurança de voo, sendo assim considerados de **médio teor inovativo**.

5. GRUPO DE TRABALHO

Discente Autor:

Cap QOAV Edson Koury do Nascimento (PPGDHO/UNIFA)

Mestrado Profissional

CPF: 054.909.764-38

Docente Autor:

Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires (PPGDHO/UNIFA)

Docente Permanente

CPF: 260.126.048-31

6. COMPLEXIDADE DA PRODUÇÃO TÉCNICA

A produção técnica pode ser classificada como sendo de **média complexidade** por envolver docente e discente do PPGDHO com os militares técnicos responsáveis pela segurança de voo da Academia da Força Aérea (AFA).

A abrangência do Procedimento Operacional Padrão se delimita as aeronaves modelo T27 Tucano que atuam sob a supervisão e abrangência da AFA.

Porém, as recomendações estabelecidas e autorizadas no presente protocolo poderão ser utilizadas por outras organizações militares do âmbito da Força Aérea Brasileira (FAB) e em modelos de aeronaves similares, como por exemplo a aeronave AT-29 Super Tucano.

7. EMBASAMENTO

O protocolo de fixação de câmera no interior da nacele da aeronave T-27 foi desenvolvido utilizando como base a metodologia utilizada pelo setor de Equipamento de Voo

(EQV), do Esquadrão de Demonstração Aérea (EDA), com uma vasta experiência ao longo de vários anos de apresentações aéreas, quando o EDA utilizava a aeronave T-27 nas demonstrações aéreas, sem a presença de fatores que afetassem a segurança de voo.

A proposta do protocolo de fixação de câmera na aeronave obteve aprovação do Comandante do Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea (1ºEIA), do Chefe da Divisão de Operações Aéreas (DOA) e do Comandante da AFA.

O protocolo foi empregado em mais de 100 (cem) voos de instrução, não apresentando interferências para operação da aeronave ou problemas que afetassem a instrução aérea ou o nível segurança de voo.

8. EQUIPAMENTO NECESSÁRIO

- I. Suporte metálico, do tipo giratório, com sistema de rotação em 360 graus, para fixação em tubos e barras, marca GoPro®, que possuam diâmetro entre 1,9cm e 3,5cm, de fácil instalação, conforme detalhado na Figura 1.

Figura 1 – Suporte para fixação GoPro®



- II. Adaptador metálico, do tipo pivô, com conexão dupla e sistema de rotação em 360 graus, da marca GoPro®, para ajuste da câmera em ângulo e posição necessários para o registro, conforme Figura 2.

Figura 2 – Adaptador tipo pivô, GoPro®



- III. Câmera GoPro®, de modelo compatível com o *case* a ser utilizado no pivô de encaixe, conforme Figura 3.

Figura 3 – Câmera e *case* GoPro®



- IV. Retinida (corda), proveniente do 8º Uniforme (macacão de voo), em virtude das características do material aeronáutico empregado na sua fabricação.

9. LOCAL DE FIXAÇÃO DO SUPORTE

O suporte deve ser fixado na estrutura da capota, do posto do 2º piloto (nacele traseira) do T-27, no lado esquerdo, entre o 2º e 3º “furos”, antes do punho de abertura da capota, conforme Figura 4.

Figura 4 – Local de instalação do suporte



Após a instalação do suporte, deve ser realizada uma ancoragem de segurança, que consiste na fixação, em dois pontos na própria estrutura da capota, em angulação aproximada de 180°, conforme a Figura 5.

Figura 5 – Suporte fixado com ancoragem de segurança

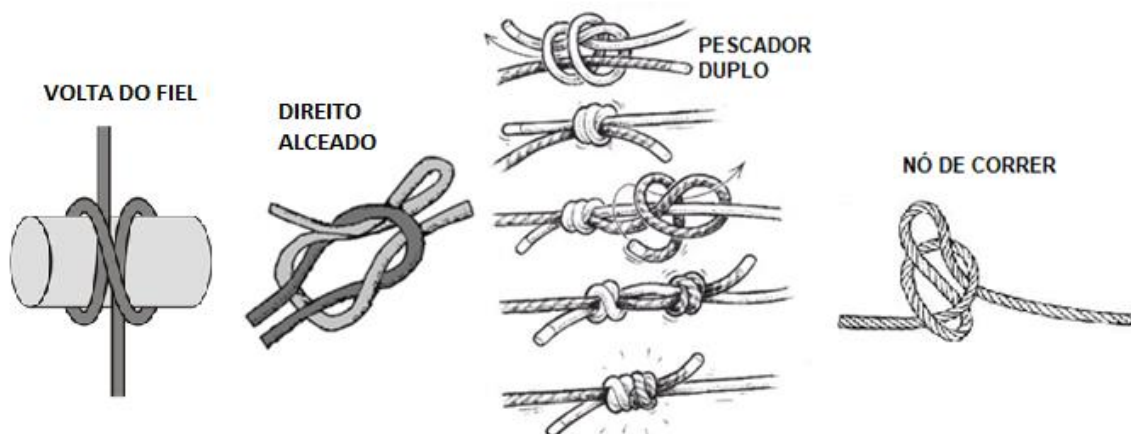


10. ANCORAGEM DE SEGURANÇA

Para realizar a ancoragem de segurança, deve ser utilizada a corda proveniente do 8º Uniforme (Macacão de Voo), devido as características próprias desse material de resistência ao ambiente aeroespacial.

Para fixação do suporte, deve ser empregado o nó Volta do Fiel e para a ancoragem, devem ser empregados os nós Direito Alceado, Pescador Duplo e de Correr, conforme descrito na Figura 6.

Figura 6 – Nós Volta do Fiel, Direito Alceado, Pescador Duplo, e Nó de Correr



11. OBSERVAÇÕES FINAIS

A aplicação desse protocolo fica condicionada a autorização do Comandante do 1º EIA, Chefe da DOA e do Comandante da AFA, conforme modelo de requerimento que segue no anexo.

Atentar para a correta fixação do suporte na estrutura da capota da aeronave, bem como na amarração para ancoragem de segurança.

Incentiva-se a aplicação de protocolos para o desenvolvimento de estudos para aprimorar o treinamento e acompanhamento do desempenho dos seus pilotos, elevando a capacidade operacional da Força Aérea Brasileira.

Não há a pretensão de se esgotar o referido tema com as orientações contidas neste documento, sendo incentivada a colaboração para o desenvolvimento e a melhoria contínua de métodos e procedimentos, na busca pelo progresso do desempenho humano operacional no setor aeroespacial, visando o cumprimento da missão da FAB.

12. REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria AFA Nº 225/AFA_CMDO, de 7 de dezembro de 2021, aprova a reedição do **Manual de Procedimentos do 1º EIA**. Boletim Interno da Academia da Força Aérea, Pirassununga - SP, f. 189, dez. 2021a.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria AFA Nº 225/AFA_CMDO, de 7 de dezembro de 2021, aprova a reedição do **Programa de Instrução e Manutenção Operacional da AFA**. Boletim Interno da Academia da Força Aérea, Pirassununga - SP, p.197, dez. 2021b.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria Nº 1.597/GC3, de 10 de outubro de 2018, aprova a reedição da **DCA 11-45 - Concepção Estratégica - Força Aérea 100**. (DCA 11-45). Boletim do Comando da Aeronáutica, Rio de Janeiro, nº 180, out. 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. Gabinete do Ministro. Portaria Normativa/MEC nº 17: Dispõe sobre o **Mestrado profissional no âmbito da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior** – CAPES. DOU nº 248, seção 1, p. 20, 2009.
- Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. **Manual de voo: Avião T-27, EMB-312 TUCANO**. 22ª revisão, São José dos Campos - SP p.370, 2019.

13. DOCUMENTOS ANEXOS

Nos documentos anexos constam um modelo de “**Requerimento para uso de equipamento na aeronave T-27**” para ser submetido para aprovação pelo Comandante da AFA e a Carta de anuência para autorização do emprego do protocolo de fixação, tendo em vista o

desenvolvimento da pesquisa científica “**Análise de respostas autonômicas cardiovasculares de pilotos militares durante sequência de manobras acrobáticas**”, assinados pelo Comandante do 1ºEIA e Chefe da DOA.

ANEXO DO PROTOCOLO DE FIXAÇÃO DE CÂMERA NA AERONAVE T-27



Universidade da Força Aérea

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional

Parceria institucional: Marinha do Brasil – Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes

Parceria institucional: Exército Brasileiro – Centro de Capacitação Física do Exército e Fortaleza de São João

MODELO DE REQUERIMENTO PARA USO DE EQUIPAMENTO NA AERONAVE T-27

Ao Sr. Comandante da Academia da Força Aérea (AFA)

Ao cumprimentar V.Sa., participo que sou aluno no Programa de Pós-graduação em Desempenho Humano Operacional (PPGDHO) pela Universidade da Força Aérea (UNIFA) e venho pelo presente, solicitar a possibilidade de autorização para utilização de equipamento na aeronave T-27 a fim de cumprir com a proposta de atividades relativas ao estudo científico intitulado “**Título do trabalho aqui**”, no âmbito da Academia da Força Aérea.

Neste contexto, informo que o estudo tem como objetivo (**Objetivo do trabalho aqui**) e tendo em vista a necessidade de registro em voo, solicito autorização para aplicar o **Protocolo de Fixação de Câmera na Aeronave T-27 Tucano, conforme segue anexo.**

Informo ainda que, o estudo será submetido para aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do XXXX e, após aprovação, será encaminhado uma via do parecer para Secretaria deste comando.

Contando com a autorização de V.Sa., informo que estou à disposição para eventuais esclarecimentos.

Orientador: Prof. Dr. Nome Completo

(xx) xxxxx-xxxx – E-mail: xxxxx@fab.mil.br / xxxxxx@gmail.com

Pesquisador: Posto / Nome Completo,

(xx) xxxxx-xxxx – E-mail: xxxxx@fab.mil.br / xxxxxx@gmail.com

Pirassununga, __ de _____ de _____.

Posto/Nome Completo – Pesquisador

☐ FAVORÁVEL ☐ DESFAVORÁVEL _____ Posto / Nome Completo Comandante do 1º EIA - AFA	☐ FAVORÁVEL ☐ DESFAVORÁVEL _____ Posto / Nome Completo Chefe da DOA - AFA
☐ FAVORÁVEL ☐ DESFAVORÁVEL _____ Posto / Nome Completo Comandante da AFA	

CONTINUAÇÃO ANEXO DO PROTOCOLO DE FIXAÇÃO DE CÂMERA NA AERONAVE T-27



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional

Parceria institucional: Marinha do Brasil – Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes



CARTA DE ANUÊNCIA PARA AUTORIZAÇÃO

Ao Sr. Chefe da Divisão de Operações Aéreas (DOA)

Ao cumprimentar V.Sa., participo que sou aluno no Programa de Pós-graduação em Desempenho Humano Operacional (PPGDHO) pela Universidade da Força Aérea (UNIFA) e venho pelo presente, solicitar a possibilidade de autorização para utilização de equipamento a fim de cumprir com a proposta de atividades relativas ao estudo científico intitulado **"Análise de respostas autonômicas cardiovasculares de pilotos militares durante sequência de manobras acrobáticas"**, no âmbito da Academia da Força Aérea.

Neste contexto, informo que o estudo tem como objetivo analisar parâmetros cardiorrespiratórios em diferentes manobras de voo, visando identificar padrões que se relacionem com a capacidade operacional dos pilotos, promovendo um protocolo de análise, capaz de direcionar testes e treinamentos, acarretando na diminuição de custos operacionais, além de contribuir para prevenção de acidentes aeronáuticos.

Tendo em vista as características técnicas dos instrumentos da aeronave T-27, e a necessidade de registro em voo, foi realizada uma visita técnica ao Setor de Equipamento de Voo do Esquadrão de Demonstração Aérea (EDA), para identificação do protocolo de fixação de câmeras dentro do nacele da aeronave. Nesse contexto, as câmeras e suportes do tipo GoPro® foram amplamente utilizados nas demonstrações aéreas e não foram registrados casos de desprendimento ou qualquer tipo de relato quanto a utilização desse equipamento, tanto no período em que foi empregado nos T-27, como também da sua utilização nos atuais AT-29.

Dessa forma, será proposto o protocolo de fixação no interior, de acordo com as especificações utilizadas pelo EDA, no qual será utilizado o suporte GoPro® para fixação em tubos e barras, que possuam diâmetro entre 1,9cm e 3,5cm, de fácil instalação, conforme detalhado na Figura 01.

CONTINUAÇÃO ANEXO DO PROTOCOLO DE FIXAÇÃO DE CÂMERA NA AERONAVE T-27



Figura 01 – Suporte para fixação traseira

Para instalar a câmera no ângulo e posição necessários para o registro, será utilizado um adaptador GoPro® Pivo, com conexão dupla e sistema de rotação em 360 graus, composto de alumínio, conforme Figura 02.

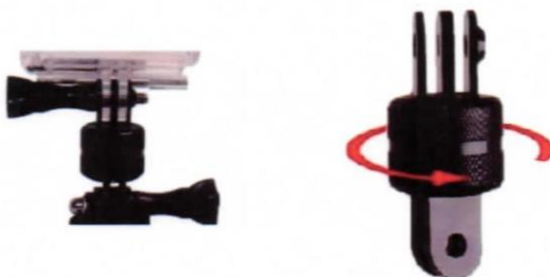


Figura 02 – Adaptador Pivo 360 graus

Esse suporte será fixado na estrutura da capota, no lado esquerdo, entre o 2º e 3º furos, antes do punho de abertura da capota, e será realizada uma ancoragem de segurança, por dois pontos distintos, na própria capota, em angulação aproximada de 180° conforme Figura 03.



Figura 03 – Suporte fixado e ancorado no local

CONTINUAÇÃO ANEXO DO PROTOCOLO DE FIXAÇÃO DE CÂMERA NA AERONAVE T-27

Os locais de instalação dos dois suportes estão detalhados em uma visão esquemática da Nacele traseira do T-27, conforme a Figura 04.

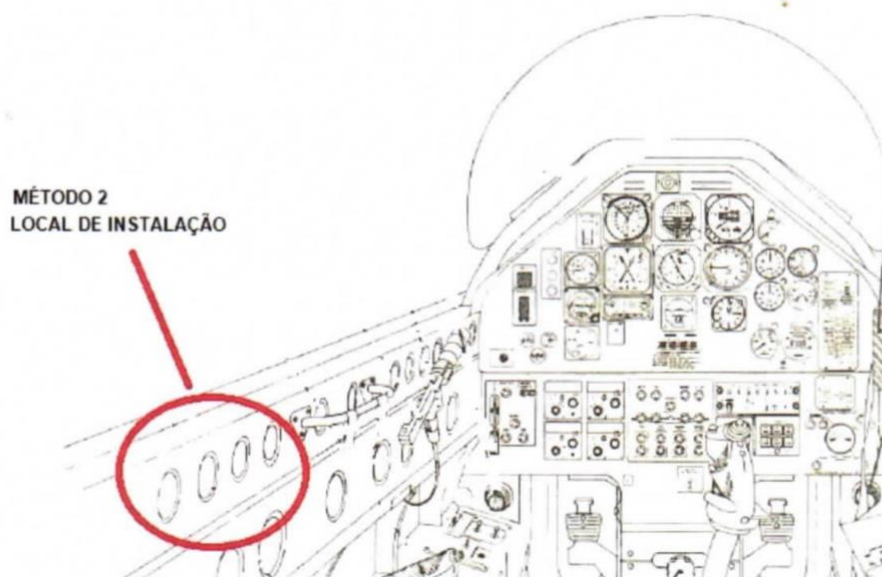


Figura 04 – Locais de fixação dos suportes – Visão da Nacele traseira

Para realizar a ancoragem, será utilizado a corda proveniente do 8º Uniforme, devido as características próprias de resistência ao ambiente aeronáutico. Para a fixação dos suportes, serão empregados os nós Volta do Fiel, devido a característica de auto-fixação, conforme detalhado na Figura 05.

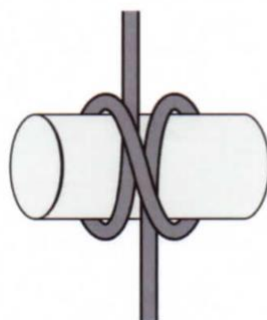


Figura 07 – Nó Volta do Fiel, Nó direito alceado

CONTINUAÇÃO ANEXO DO PROTOCOLO DE FIXAÇÃO DE CÂMERA NA AERONAVE T-27

Serão utilizados ainda para o arremate os Nós direito alceado, Pescador duplo e de Correr, conforme Figura 08.

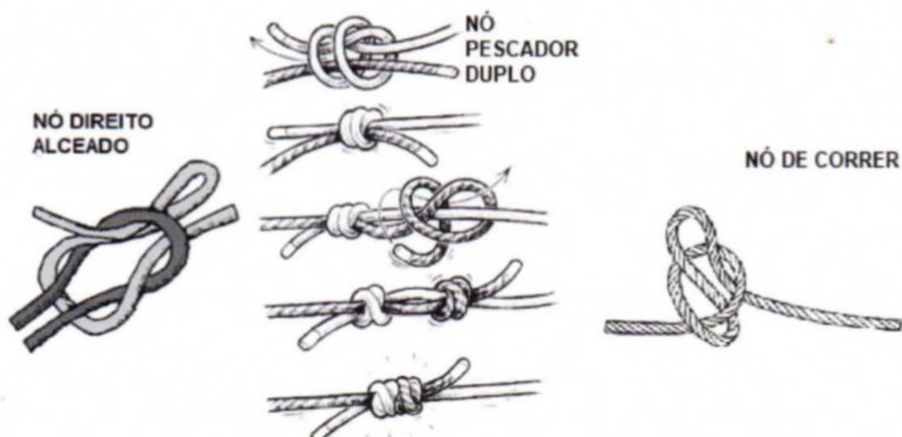


Figura 08 – Nós Direito Alceado, Pescador duplo e o de Correr

Informo ainda que, após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Aeronáutica de São Paulo (HFASP), será encaminhado uma via do parecer para Secretaria deste comando.

Contando com a autorização de V.Sa., informo que estou à disposição para esclarecimentos que por ventura remanesçam.

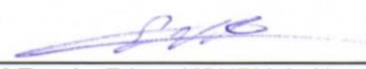
Carta de Anuência: 4 páginas

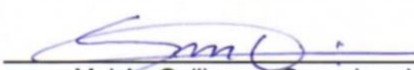
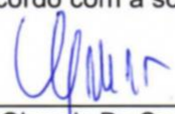
Orientador: Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires

(21) 97613-7095 – E-mail: gilbertopivettapires@gmail.com

Pesquisador: 1º Ten Av Edson Koury Do Nascimento,

(19) 98220-6266 – E-mail: kouryekn@fab.mil.br / koury.fab@gmail.com


1º Ten Av Edson KOURY do Nascimento – Pesquisador
Aluno do PPGDHO – UNIFA

☒ Concordo com a solicitação ☐ Não concordo com a solicitação  Maj Av Guilherme Goncalves Herculan Comandante do 1º EIA - AFA	☒ Concordo com a solicitação ☐ Não concordo com a solicitação  Ten Cel Av Olympio De Carvalho Mendes Neto Chefe da DOA - AFA
---	--

ANEXO C – PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DE PILOTOS EM VOO



Universidade da Força Aérea

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional

Parceria institucional: Marinha do Brasil – Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes
Parceria institucional: Exército Brasileiro – Centro de Capacitação Física do Exército e Fortaleza de São João

PRODUTO TÉCNICO - PROTOCOLO

Procedimento Operacional Padrão

1. NOME DO PRODUTO TÉCNICO

Protocolo para avaliação cardiovascular de pilotos em voo, a bordo das aeronaves T-27 e AT-29.

2. DESCRIÇÃO E FINALIDADE

Um presente protocolo de Procedimento Operacional Padrão foi desenvolvido com a finalidade de garantir qualidade, produtividade e padronização no processo de avaliação cardiovascular de pilotos em voo, a bordo das aeronaves T27 Tucano e AT-29 Super-Tucano, com segurança e sem prejuízo a operacionalidade, para registro e acompanhamento do desempenho operacional do piloto durante o voo.

3. CONEXÃO COM A PESQUISA E PRODUÇÃO CIENTÍFICA

Esta ação é consequência do trabalho de conclusão de curso (TCC) em desenvolvimento pelo Programa de Pós-graduação em Desempenho Humano Operacional (PPGDHO) da Universidade da Força Aérea (UNIFA) relacionado aos estudos: “**Análise de respostas autonômicas cardiovasculares de pilotos militares durante sequência de manobras acrobáticas**” do discente Cap QOAV Edson Koury do Nascimento

(PPGDHO/UNIFA), sob a orientação do Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires (PPGDHO/UNIFA), professor permanente do programa.

A confecção deste protocolo resultou do desenvolvimento do desenho de estudo, a própria análise das variáveis cardiovasculares, que se procedeu por meio do registro da Variabilidade de Frequência Cardíaca (VFC), sendo esse o desenho estrutural da pesquisa científica que foi desenvolvida. Esse protocolo se justificou pela necessidade da padronização de procedimentos que atendessem tanto aos preceitos acadêmicos científicos quanto aos regulamentos e condições de operações militares, visando ser reproduzível e de baixo custo.

Nesse contexto, foi utilizada a disponibilidade da própria instrução aérea, a bordo da aeronave T-27 Tucano, para realizar a etapa de registro da VFC de pilotos militares durante a realização de manobras aéreas.

4. AVANÇO TECNOLÓGICO

A proposta combina conhecimentos da área avaliação física, avaliação em ambiente aeroespacial e avaliação cardiovascular, pré-estabelecidas pela literatura, com as especificidades da operação da instrução aérea e na área da segurança de voo, sendo assim considerados de **alto teor inovativo**.

5. GRUPO DE TRABALHO

Discente Autor:

Cap QOAV Edson Koury do Nascimento (PPGDHO/UNIFA)

Mestrado Profissional

CPF: 054.909.764-38

Docente Autor:

Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires (PPGDHO/UNIFA)

Docente Permanente

CPF: 260.126.048-31

6. COMPLEXIDADE DA PRODUÇÃO TÉCNICA

A produção técnica pode ser classificada como sendo de **alta complexidade** por envolver docente e discente do PPGDHO com os militares técnicos responsáveis pela segurança de voo, avaliação física, médica e pelos próprios instrutores de voo da Academia da Força Aérea (AFA).

A abrangência da avaliação em voo, previstas neste Procedimento Operacional Padrão se delimita as aeronaves modelo T27 Tucano que atuam sob a supervisão e abrangência da AFA.

Porém, as recomendações estabelecidas e autorizadas no presente protocolo poderão ser utilizadas por outras organizações militares do âmbito da Força Aérea Brasileira (FAB) e em modelos de aeronaves similares, como por exemplo a aeronave AT-29 Super Tucano.

7. EMBASAMENTO

A Estratégia Nacional de Defesa (END) preconiza que a Força Aérea Brasileira (FAB) mantenha o domínio de tecnologias, para desenvolver e adquirir equipamentos de última geração, com a finalidade estratégica de manutenção da soberania do espaço aéreo brasileiro (Ministério da Defesa, 2018).

Atendendo a END, a FAB promoveu o desenvolvimento e aquisição das aeronaves de caça F-39 Gripen-NG, uma das mais modernas da atualidade. Nesse contexto, a integração Humano e Máquina marcam a próxima geração de avanços da tecnologia aeroespacial e o desenvolvimento do fator humano ganha destaque para trabalhar a elevação da capacidade operacional (Russo; Stetz; Thomas, 2005; Steinkraus *et al.*, 2012; Ministério da Defesa, 2018).

O ambiente aeroespacial, principalmente o perfil acrobático, expõe os pilotos a altas cargas estressoras, que produzem uma série de respostas fisiológicas. A ação dessas forças estressoras pode reduzir a capacidade operacional, ameaçando a segurança do voo e da operação aérea, chegando inclusive a levar a condição de perda de consciência induzida pela ação da Força Gz (*G Induced loss of consciousness*) (Hargens *et al.*, 2013).

O complexo ambiente presente na aviação militar provoca oscilações no fluxo sanguíneo do piloto, resultando em alterações nos controles autonômicos para manutenção da perfusão cerebral, e consequente o nível de consciência útil. Diante disso, a avaliação cardiovascular em pilotos se mostra como uma importante ferramenta para a medicina aeroespacial, para monitorar o real desempenho operacional do piloto durante o voo (Scott *et al.*, 2007; Hargens *et al.*, 2013; Silva, 2016).

8. EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

- I. Balança digital, com capacidade de carga mínima de 01 kg e máxima de 200 kg, divisão de 50 g e classe de exatidão III. O modelo disponível na AFA e utilizado no desenvolvimento do estudo foi a Balança Antropométrica Ramuza® DP200 – 200 kg/ 50 g digital, conforme Figura 1.

Figura 1 – Balança Antropométrica Ramuza ® DP200



- II. Plicômetro, com corpo de alumínio, sensibilidade de 0,1mm, pressão de 10g/mm², amplitude de leitura de 85mm e leitura em mm, para realizar a medição de dobras cutâneas. O modelo disponível e utilizado no desenvolvimento do estudo foi o plicômetro CESCORF® Científico Tradicional, com relógio de alta precisão (Mitutoyo/CESCORF), conforme Figura 2.

Figura 2 – Clipômetro CESCORF® Científico Tradicional



- III. Cones esportivos, apito metálico e cronômetro digital esportivo para avaliação do nível de potência anaeróbia e capacidade cardiorrespiratória, conforme Figura 3.

Figura 3 – Exemplo de Cones esportivos, apito metálico e cronômetro esportivo



- IV. Relógio com sensor de Frequência Cardíaca de alta precisão, com o uso de tecnologia sem fios, do tipo Bluetooth ou similar da marca Polar®, em virtude da sua ampla utilização e validação em diversos estudos acadêmicos (Vanderlei *et al.*, 2008; Quintana; Heathers; Kemp, 2012; Giles; Draper; Neil, 2015; Silva, 2016). O modelo utilizado no desenvolvimento do estudo foi da marca Polar®, modelo V800, conforme Figura 4.

Figura 4 – Relógio Frequencímetro Polar® V800



- V. Câmera da marca GoPro® e suportes metálicos do tipo giratório, com sistema de rotação em 360 graus, para fixação em tubos e barras, marca GoPro®, conforme descrito no Protocolo de fixação de câmera na aeronave T-27 Tucano, proposto por Nascimento, Pires e Calvo (2021).

9. PROCEDIMENTOS PREPARATÓRIOS

O avaliador responsável deverá selecionar os voos da Fase de Formatura 2 (duas) aeronaves do 1º EIA que possuam o mesmo perfil, do ponto de vista da aeronave do líder, visando atender o princípio da reprodutibilidade dos fatores estressores no ambiente aeroespacial.

Após, o avaliador responsável deverá elaborar Nota de Serviço (NS), contendo essas informações de utilização do assento do copiloto da aeronave do líder, bem como, todas as etapas previstas para os procedimentos de avaliação presentes nesse protocolo, e possíveis melhorias que porventura venham ser propostas, sendo constituída basicamente por:

- I. Apresentação dos procedimentos;
- II. Assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE);
- III. Avaliação em Solo; e
- IV. Avaliação em Voo.

Para aprovação da NS e início das avaliações deverá, preferencialmente, percorrer a seguinte sequência até a submissão para apreciação do Comandante da Academia da Força Aérea:

- I. Submissão ao Oficial de Segurança de voo do Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea (1ºEIA);
- II. Despacho com o Comandante do 1ºEIA; e
- III. Aprovação do Chefe da Divisão de Operações Aéreas.

Após aprovação do Comandante da AFA, os avaliadores voluntários deverão participar do Curso de Capacitação Técnica - “Avaliação das Variáveis Psicofisiológicas em Voo”, proposto por Lopes, Nascimento, Pires, Santana e Figueira Junior (2023).

10. PROCEDIMENTOS ÉTICOS

Os voluntários deverão tomar ciência e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A) para poder participação das avaliações.

Só poderão participar das avaliações os tripulantes devidamente autorizados a realizar a atividade pelo setor competente da DOA da AFA.

11. AVALIAÇÃO PARTE I – ANAMNESE

O voluntário deverá preencher a Ficha de Avaliação - Parte I – Anamnese, conforme o Apêndice B. Para alguma resposta positiva no questionário de prontidão para a prática de atividades físicas (PAR-Q), o voluntário não será autorizado a prosseguir com as avaliações e será encaminhado para acompanhamento médico.

12. AVALIAÇÃO PARTE II – AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

Inicialmente o voluntário deverá ser posicionado em decúbito dorsal pelo tempo mínimo de 10 min, para ser realizada a aferição da Frequência Cardíaca de repouso.

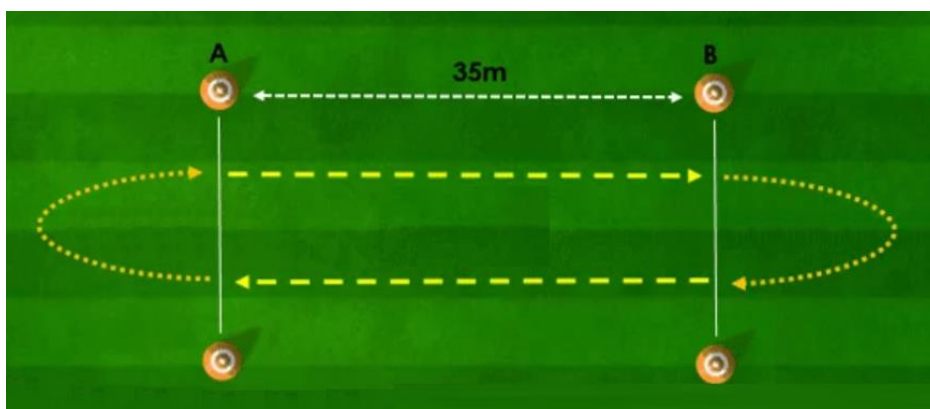
Após será aferida a massa corporal e estatura por meio da balança digital com estadiômetro, conforme procedimentos preconizados pelo COMAER na NSCA 54-3 (2020a). Para a avaliação do percentual de gordura corporal, serão coletadas 7 (sete) dobras, de acordo com o protocolo de Pollock (1978).

13. AVALIAÇÃO PARTE III - AVALIAÇÃO EM SOLO

Essa etapa tem início com o preenchimento dos dados do último Teste de Avaliação do Condicionamento Físico (TACF), com os dados da quantidade de flexões de braço, flexão de tronco e a distância percorrida no teste de corrida de 12 minutos.

Após será aplicado o *Running-Based Anaerobic Sprint Test* (RAST-Test), para determinar a capacidade de potência anaeróbia. Esse teste é constituído de 6 (seis) corridas de 35 metros, no qual o avaliado deverá percorrer no menor tempo possível e possui o intervalo de 10 segundos entre as corridas, conforme descrito na Figura 5 (Querioga *et. al*, 2013).

Figura 5 - *Running-Based Anaerobic Sprint Test*



Para a realização do RAST-Test, deverá haver dois avaliadores nas extremidades, cones A e B, para controlar a passagem do voluntário, devendo levantar o braço na vertical, como sinal para um 3º avaliador que estará com o cronômetro em mãos.

Deverá haver o apoio de uma equipe de saúde, além de ser realizado em local adequado, visando garantir a segurança da avaliação, conforme ocorre para avaliação do TACF (Comando da Aeronáutica, 2020a).

14. AVALIAÇÃO PARTE IV - AVALIAÇÃO EM VOO

Para realizar a avaliação em voo, deverá ser realizado um briefing reforçando que o voluntário deve se abster da prática de atividade física intensa / moderada, bem como sobre a proibição do uso de substância neuro estimulantes (eg. Café, Álcool etc.) em período de 48h antes da avaliação em voo. Também deverá ser adotado o protocolo de hidratação básico, que consiste na ingestão de 500 ml de água antes de dormir, 500 ml ao acordar e 500 ml até 01(uma) hora antes da preparação para avaliação, em virtude desses fatores interferirem no comportamento do sistema cardiovascular (Rodriguez, 2019).

O local a ser utilizado será a Sala da Aeromedicina do 1º EIA, ou local autorizado que possua as mesmas características, como balança digital, maca e ser ambiente fechado, para garantir a privacidade do avaliado, tendo em vista a necessidade da retirada da camiseta, que fica por baixo do 8º uniforme (macacão de voo), para instalar o equipamento de monitoramento da Frequência Cardíaca.

No dia agendado para avaliação em voo, o início dos procedimentos para avaliação deverá ocorrer pelo menos 1 hora antes do início do briefing das equipagens que participarão do voo. O avaliador deverá ficar atento com evoluções nos horários, para deixar claro os horários, visando garantir a lisura da fonte dos dados coletados.

O voluntário ao chegar na sala, será orientado para ir ao banheiro, levando consigo um cartão de coloração de urina, conforme descrito na Figura 6 (Armstrong *et.al*,1994).

Figura 6 – Tabela de coloração de Urina

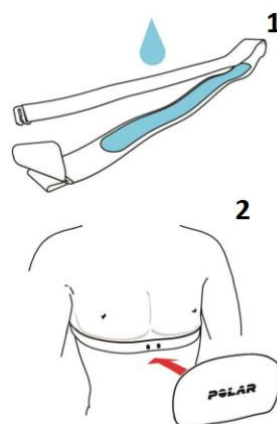


Fonte: Adaptado de Armstrong *et. al*, 1994.

De acordo com a autoavaliação do voluntário, caso o valor esteja entre 4 e 6, será orientado que o voluntário se hidrate com 250 ml de água antes de prosseguir. Caso o valor esteja entre 7 e 8, a avaliação será interrompida e o voluntário será orientado a se hidratar, além de procurar orientação médica.

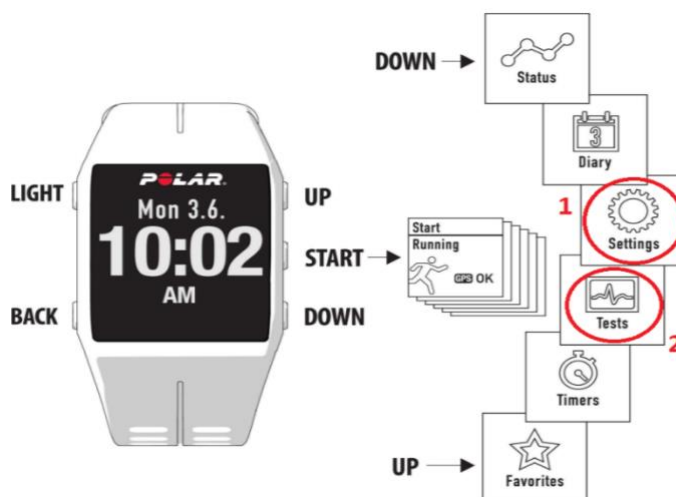
Após, deverá ser coletada a massa corporal do voluntário no momento Pré-voo e será instalado o sensor de frequência cardíaca. Primeiro, deve-se humedecer os elétrodos da tira elástica, depois colocar a tira à volta do peito, logo abaixo dos músculos peitorais e ajustar para que fique justa, porém confortável. Por fim, deverá colocar o sensor no local indicado, conforme Figura 7.

Figura 7 – Procedimentos para colocar o sensor de frequência cardíaca



A partir desse momento, o avaliador deverá realizar o pareamento do sensor com o relógio, meio do menu definições (*Settings*). Após, deverá ir ao menu Testes (*Tests*) e selecionar a opção “R-R Recording”, conforme Figura 8. A partir desse momento o relógio deverá acusar a recepção dos sinais de Frequência Cardíaca.

Figura 8 – Telas do relógio frequencímetro Polar® V800



Após essa etapa, o voluntário deverá adotar a posição de decúbito dorsal, na maca da Sala da aeromedicina, ou em local similar e permanecer por um intervalo mínimo de 10 (dez) minutos. Nesse momento o avaliador deverá registrar o tempo de gravação e o valor da FC de repouso Pré-voo constantes no visor do relógio. Após o voluntário deverá prosseguir com os procedimentos operacionais previstos, como a participação no briefng das equipagens.

A partir do momento que a aeronave for liberada pela equipe de solo, o avaliador deverá se dirigir para o local e realizar a instalação do equipamento, conforme previsto no Protocolo de fixação de câmera na aeronave T-27 Tucano (Nascimento; Pires; Calvo; 2023).

Quando for o momento de guarnecer a aeronave, o avaliador deverá acompanhar nesse trajeto e ao subir na aeronave, a câmera só deverá ser ligada nesse momento, visando poupar bateria. Com o início da gravação, o avaliador deverá guiar o voluntário para registrar a tela do relógio por um período de aproximadamente 10 segundos, visando ter o parâmetro para sincronização dos dados.

Quando as equipagens retornarem, o avaliador deverá se dirigir para a aeronave do voluntário para realizar a conferência do funcionamento da câmera e do sensor, por meio da inspeção visual de ambos os equipamentos. Somente após esse momento, a câmera poderá ser desligada.

Após o avaliador deverá acompanhar o voluntário no retorno às instalações do 1º EIA, reforçando a importância de não correr, nem mesmo apertar o passo e para não ingerir água ou ir ao banheiro antes de realizar a aferição do peso Pós-voo, para fins de controle hídrico (a título de estatística).

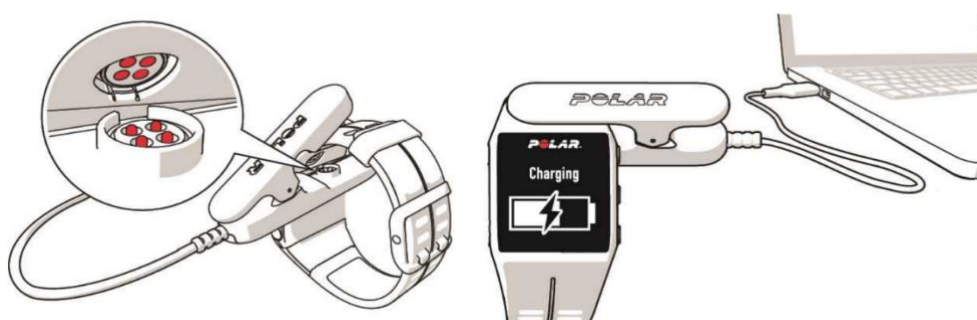
Após, o voluntário deverá adotar a posição de decúbito dorsal, da mesma forma adotada antes do voo, por um intervalo mínimo de 10 minutos, para aferição da FC de repouso Pós-voo. O avaliador deverá registrar também o tempo de gravação presente no visor do relógio. Somente após essa última etapa, a gravação de sinal RR poderá ser encerrada, e o equipamento ser removido do voluntário.

O avaliador deverá atentar para a limpeza da cinta peitoral do sensor cardíaco após cada avaliação, principalmente para casos de mais de uma utilização no mesmo dia. Deverá ser dada especial atenção para a vida útil da bateria do sensor, sendo recomendada a sua troca a cada mês, para evitar possíveis interferência em virtude de baixa tensão na captação de sinal nos eletrodos, ou até mesmo na transmissão de sinal do sensor para o relógio.

15. SINCRONIZAÇÃO DE DADOS

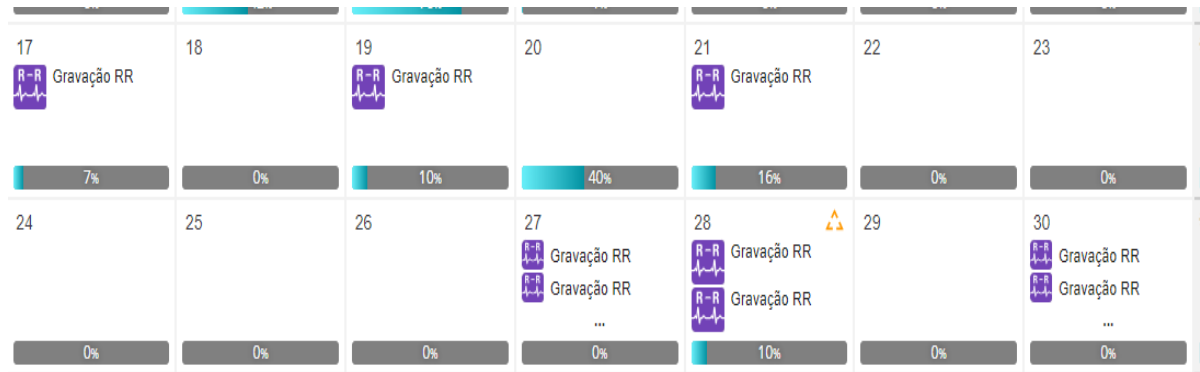
Para realizar o download do registro de gravação de sinais RR, poderá ocorrer por meio de sincronização do relógio Polar® V800 com o aplicativo Polar Flow®, disponível para Android® ou IOS®, ou poderá ser realizada sincronização por meio do aplicativo Polar FlowSync®, só que por meio de transferência via cabo para um computador, Figura 9.

Figura 9 – Cabo carregador e de Dados Polar® V800



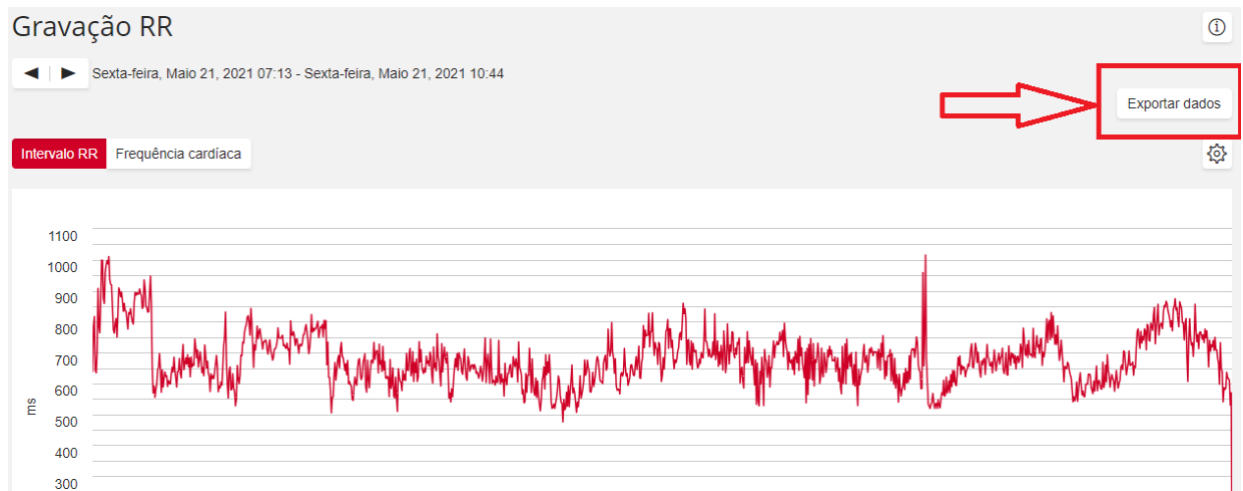
Após a sincronização, o avaliador deverá acessar a sua conta na plataforma da Polar Flow Web® e selecionar o dia e hora da avaliação, Figura 10.

Figura 10 – Tela Polar Flow Web®



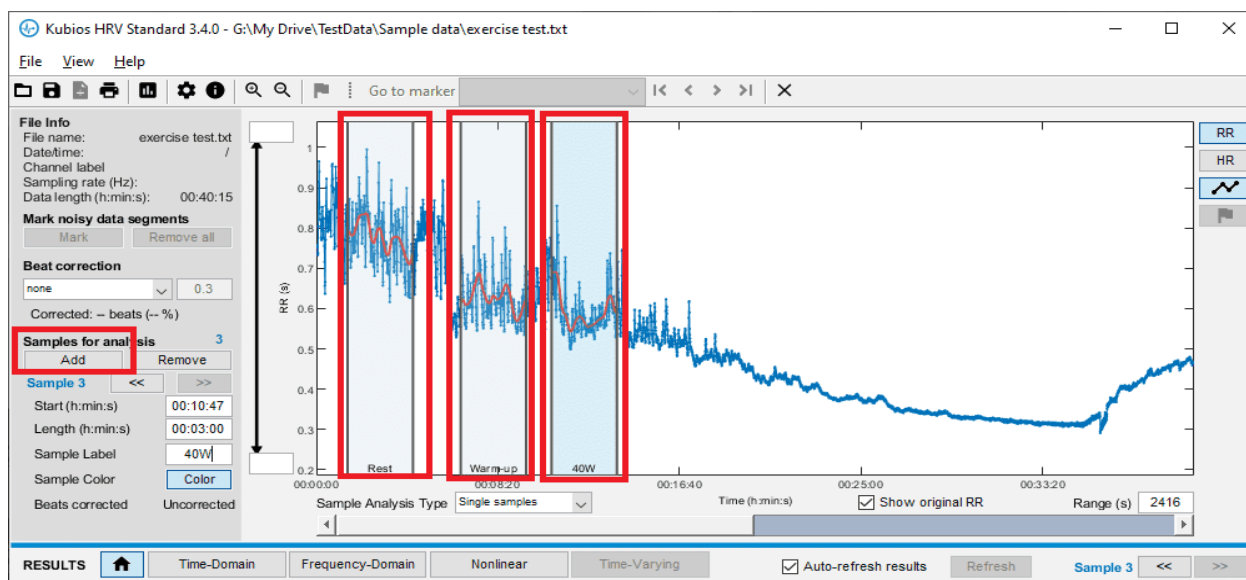
Na próxima tela, deverá ser selecionada a opção “Exportar dados”, Figura 11.

Figura 11 - Tela Polar Flow Web® - Gravação RR

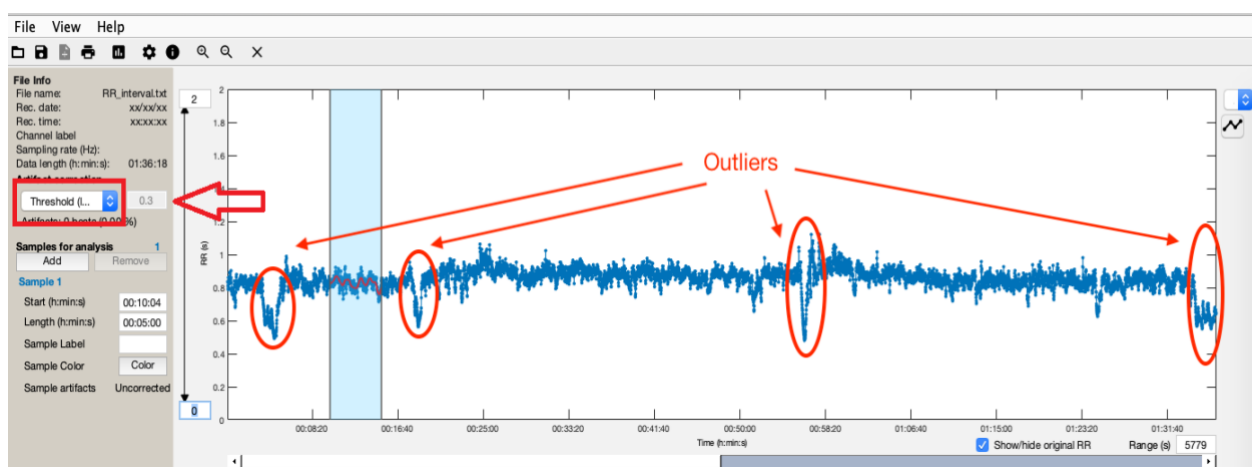


Após, deverá ser aberto o arquivo do registro de sinais RR por meio do programa Kubios HRV Standard®. Nesse momento, o avaliador deverá verificar o registro de vídeo e sincronizar os tempos de cada etapa do voo, com os registros apresentados no programa Kubios, selecionando os intervalos de interesse para formação do arquivo de registro consolidado. Figura 12.

Figura 12 – Programa Kubios HRV Standard®

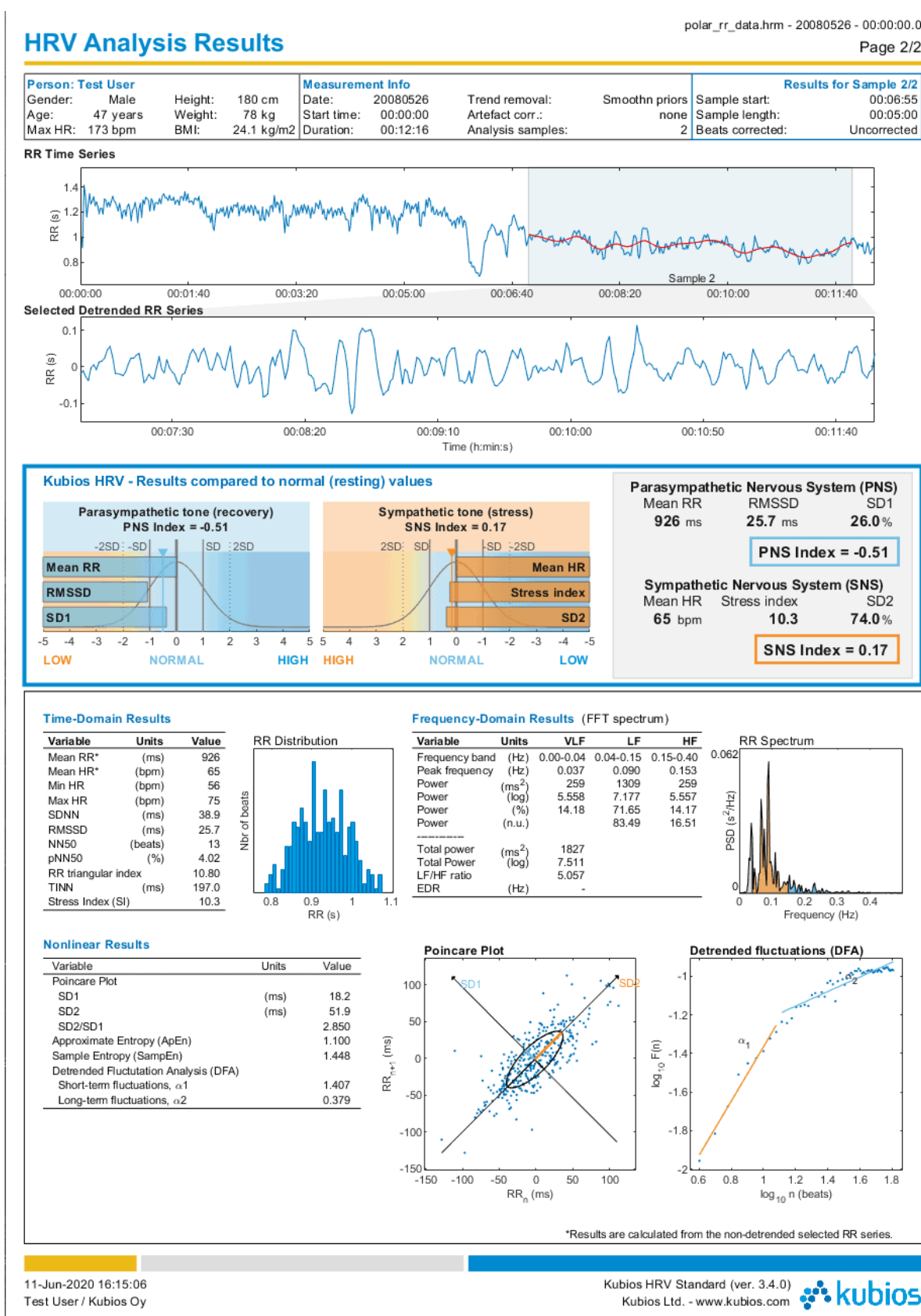


Deve-se ter especial atenção para possíveis interferências no registro do sinal (*Outliers*), para que sejam ajustados ou desconsiderados, Figura 13.

Figura 13 - Programa Kubios HRV Standard® - *Outliers*

Após essa etapa, deverá ser salvo o arquivo com os resultados da análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), em formato de dados “*.csv”. Pode ser gerado também um relatório por meio do próprio programa Kubios, conforme Figura 14.

Figura 14 - Relatório de análise VFC – HRV Analysis Results



16. OBSERVAÇÕES FINAIS

Sugere-se a análise de influência de diferentes estados de hidratação nas respostas apresentadas, tendo em vista a relação direta desse fator nas respostas autonômica cardiovasculares.

Propõem-se a criação de um banco de dados para o desenvolvimento de novos estudos, com vistas a elevação de treinamentos e acompanhamento de desempenho humano operacional.

A aplicação desse protocolo fica condicionada a autorização do Comandante do 1º EIA, Chefe da DOA e do Comandante da AFA, conforme modelo de requerimento que segue no anexo.

Incentiva-se a aplicação e revisão desse e de outros protocolos para o desenvolvimento de estudos, com o objetivo de aprimorar o treinamento e acompanhamento do desempenho de pilotos, elevando a capacidade operacional da Força Aérea Brasileira.

Não há a pretensão de se esgotar o referido tema com as orientações contidas neste documento, sendo incentivada a colaboração para o desenvolvimento e a melhoria contínua de métodos e procedimentos, na busca pelo progresso do desempenho humano operacional no setor aeroespacial, visando o cumprimento da missão da FAB.

17. REFERÊNCIAS

- ARMSTRONG, S.C.M., et. Al. Urinary indices of hydration status. **International Journal of Sports Nutrition**, v. 4, p. 265-279, 1994.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria AFA Nº 225/AFA_CMDO, de 7 de dezembro de 2021, aprova a reedição do **Manual de Procedimentos do 1º EIA**. Boletim Interno da Academia da Força Aérea, Pirassununga - SP, f. 189, dez. 2021a.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria AFA Nº 225/AFA_CMDO, de 7 de dezembro de 2021, aprova a reedição do **Programa de Instrução e Manutenção Operacional da AFA**. Boletim Interno da Academia da Força Aérea, Pirassununga - SP, p.197, dez. 2021b.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria Nº 1.597/GC3, de 10 de outubro de 2018, aprova a reedição da **DCA 11-45 - Concepção Estratégica - Força Aérea 100**. (DCA 11-45). Boletim do Comando da Aeronáutica, Rio de Janeiro, nº 180, out. 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. Gabinete do Ministro. Portaria Normativa/MEC nº 17: Dispõe sobre o **Mestrado profissional no âmbito da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior** – CAPES. DOU nº 248, seção 1, p. 20, 2009.
- Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. **Manual de voo: Avião T-27, EMB-312 TUCANO**. 22ª revisão, São José dos Campos - SP p.370, 2019.
- JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L. Generalized equations for predicting body density of men. **Brazilian Journal Nutrition**; v. 40, p. 497-504, 1978.

- QUEIROGA, M.R. et al. Validity of the RAST for evaluating anaerobic power performance as compared to Wingate test in cycling athletes. *Motriz: Revista de Educação Física*, v. 19, n. 4, p. 696–702, dez. 2013.
- NASCIMENTO, E.K., PIRES, G.P., CALVO, A.P.C. Protocolo de fixação de câmera na aeronave T-27 Tucano. Produto técnico (Apresentado como requisito para obtenção de título de Mestre em Desempenho Humano Operacional da Universidade da Força Aérea - UNIFA). **UNIFA**, Rio de Janeiro, 2023.
- RODRIGUEZ, D. Hidratação e treinamento de força: Alterações no volume plasmático influenciam a hipotensão pós-exercício, trabalho cardíaco e complacência arterial. 2019. 137f. **Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade São Judas Tadeu**, São Paulo, 2019.
- RUSSO, M.B.; STETZ, M.C.; THOMAS, M.L. Monitoring and predicting cognitive state and performance via physiological correlates of neuronal signals. **Aviation Space Environmental Medicine**; v. 76, p. 59-63, 2005.
- SCOTT, J.M.; Esch B.T.; Goodman L.S.; Bredin S.S.; Haykowsky M.J.; Warburton D.E. Cardiovascular consequences of high-performance aircraft maneuvers: implications for effective countermeasures and laboratory-based simulations. **Appl Physiol Nutr Metab**. 2007;32(2):332-9.
- SILVA, I.O. Respostas autonômicas e cardiovasculares em voo e sua relação com a aptidão física. v. 155f. **Tese (Doutorado) - Universidade Católica de Brasília**, Brasília, 2016.
- SILVA JÚNIOR, F. C. Atividade física dos pilotos de caça da FAB: análise da realidade e proposição de estratégias para implantação de programas de treinamento específicos. Dissertação (Mestrado) - **Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro**, 2006.
- STEINKRAUS, L.W.; RAYMAN, R.B.; BUTLER, W.P.; MARSH, W.E.; COWL, C.T. Aeromedical decision making - It may be time for a paradigm change. **Aviation Space Environmental Medicine**, v. 83, p. 1006-1007, 2012.
- TASK FORCE, COMMITTEE OF THE. Task Force of The European Society Of Cardiology Ante The North American Society Of Pacing And Electrophysiology. **Heart Rate Variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use**. v. 93, n. 5, p. 1043–1065, mar. 1996.
- THOMAS, M.L.; RUSSO, M.B. Neurocognitive monitors: toward the prevention of cognitive performance decrements and catastrophic failures in the operational environment. **Aviation Space Environmental Medicine**; v. 78 (5, Suppl.): p.144-52, 2007.
- VANDERLEI, L.C.M. et al. Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 41, n. 10, p. 854–859, 30 set. 2008.
- VANDERLEI, L. C. M. et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Revista Brasileira Cirurgia Cardiovascular**. 24 (2): 205-217, 2009.

18. DOCUMENTOS ANEXOS

Nos documentos anexos constam os modelos de “**Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**” e “**Ficha de Avaliação de Pilotos**” para ser submetido para aprovação pelo Comandante da AFA, as Cartas de anuência para autorização do desenvolvimento da pesquisa

científica “**Análise de respostas autonômicas cardiovasculares de pilotos militares durante sequência de manobras acrobáticas**”, assinados pelo Comandante do 1ºEIA, Comandante do Esquadrão de Demonstração Aérea, Chefe da DOA e a Carta de Autorização de Pesquisa assinada pelo Comandante da AFA.

ANEXO DO PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DE PILOTOS EM VOO



Universidade da Força Aérea

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional

Parceria institucional: Marinha do Brasil – Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes
Parceria institucional: Exército Brasileiro – Centro de Capacitação Física do Exército e Fortaleza de São João

MODELO DE TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Grupo de Trabalho:

Avaliadores responsáveis:

1º Ten Inf Beltrano de tal de Tal – CPF: 000.000.000-00

Cap Av Fulano de tal – CPF: 111.111.111-11

Telefone para contato: (19) xxxxx-xxxx / (yy) yyyy-yyyy

Local da coleta de dados: Academia da Força Aérea – AFA, Pirassununga/SP

1. Informo que a participação na pesquisa é de caráter voluntário, caso aceite participar, você participará de três etapas: Orientação inicial, Avaliação em Solo e Avaliação em Voo.
2. Na orientação inicial serão apresentados o grupo de avaliadores e os procedimentos a serem adotados para as avaliações.
3. Na Avaliação em Solo, serão realizados o preenchimento da Ficha de Anamnese, coleta de medidas antropométricas e, por último, será realizado o *Running-Based Anaerobic Sprint Test* (RAST-Test), para determinar a capacidade de potência anaeróbia.
4. Na Avaliação em Voo, serão coletadas as respostas autonômicas cardiovasculares, antes, durante e após um voo acrobático a bordo da aeronave T-27 Tucano, do Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea (1ºEIA) da Academia da Força Aérea (AFA).
5. O voluntário deverá acompanhar a rotina e padronizações preconizadas pelo 1º EIA e DOA da AFA, desde a preparação para o briefing, guarnecer da aeronave, realização do voo, debriefing e desmobilização final. O voo será do tipo Formatura e envolve a utilização de duas aeronaves, no qual o voluntário irá ocupar o posto de pilotagem traseiro da aeronave do líder, na posição de copiloto, porém sem atuar nos comandos da aeronave e sem função a bordo.
6. Os riscos para os participantes deste estudo são relativos ao teste em solo, que pode contar com dores musculares localizadas, em virtude da atividade de alta intensidade. Já os riscos inerentes

ao teste em voo são os mesmos da instrução aérea, que são os mesmos previstos para o Curso de Instrução básica do 1º EIA, da AFA.

7. Visando mitigar e minimizar os riscos, fica garantida a privacidade do voluntário durante a avaliação antropométrica, a proteção dos dados coletados, bem como o respeito pelos limites físicos durante a aplicação das avaliações e do teste de corrida de alta intensidade. Ficar atento também aos sinais não verbais e, ao perceber risco à saúde ou à operação aérea, ou à própria instrução de voo, os processos de avaliação serão interrompidos imediatamente.

8. Os benefícios para o voluntário serão a identificação de parâmetros fisiológicos, quantificação de capacidade anaeróbia e aeróbia, além do aprimoramento de autoconsciência sobre as respostas cardíacas e limites físicos, os quais os testes de solo trazem como resultado.

9. Fica garantido ao voluntário espaço para questionamentos e esclarecimentos que se fizerem necessários, bem como fica garantida a proteção à imagem e o uso dos dados.

10. Os resultados serão utilizados para desenvolvimento científico, bem como servir de fonte para a publicação em periódicos, revistas, livros, artigos e correlacionados. Apenas o pessoal autorizado pela Pró-Reitoria da UNIFA e AFA, terão acesso aos dados deste estudo.

11. O desenvolvimento dessas avaliações não visa fins lucrativos, reforçando que não há conflito de interesse. Dessa forma o Cap Av FULANO ENCARREGADO DE TAL, pode ser contatado por meio do telefone (XX) XXXXX-XXXX, e e-mail: fulanoxxx@fab.mil.br, ou no endereço Rua xyz, (endereço da Organização Militar e Setor).

12. Eu _____, inscrito sob o RG _____ e CPF _____, informo que ficaram claros para mim os objetivos desta pesquisa, quais serão os procedimentos que serão realizados, seus riscos e desconfortos físicos, que a minha participação é isenta de envolvimento financeiro e que terei acesso aos meus resultados a qualquer tempo e momento. Isto posto, informo que concordo de forma livre e esclarecida, em participar do referido estudo, e que está garantida a minha desistência e revogação de consentimento a qualquer momento, sem risco de penalidades ou prejuízos que eu possa ter aferido com a minha participação. Por fim, declaro que recebi uma cópia desse Termo De Consentimento Livre e Esclarecido devidamente assinado.

Pirassununga-SP, ____ de _____ de _____.

Assinatura do Voluntário

Assinatura do Avaliador responsável

CONTINUAÇÃO DO ANEXO DO PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DE PILOTOS EM VOO

			Universidade da Força Aérea Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional Parceria institucional: Marinha do Brasil – Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes Parceria institucional: Exército Brasileiro – Centro de Capacitação Física do Exército e Fortaleza de São João	
FICHA DE AVALIAÇÃO				
MODELO				
PARTE I - ANAMNESE				
1. Nome Completo:			Data:	/ /
2. Nome de guerra:		3. Identidade		4. Data de Nascimento:
/ /				
5. Contato (celular):			6. E-mail:	
7. Quadro de tripulante:	☐ Aeronavegante ☐ Instrutor de Voo ☐ Esquadrilha da Fumaça			
8. Horas de Voo totais:			9. Horas de voo acrobático:	
10. QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA A PRÁTICA DE ATIVIDADES FÍSICAS (PAR-Q) Assinale “sim” ou “não” às perguntas abaixo, de acordo com seu histórico médico.				
PERGUNTAS DO PAR-Q			SIM	NÃO
10.1 Alguma vez foi recomendado por médico ou equipe médica, que só fizesse atividade física sob supervisão ou acompanhamento médico?				
10.2 Você faz uso de algum medicamento que impeça a prática de atividade física?				
10.3 Algum médico já lhe recomendou o uso de medicamentos para controle de pressão arterial, ou para alguma condição cardiovascular?				
10.4 Você sente dor no peito ao praticar atividade física?				
10.5 Você possui algum problema ósseo ou muscular que possa ser agravado pela prática de atividade física?				
10.6 Você tem tonturas, náuseas ou tende a perder a consciência ao realizar atividade física?				
10.7 Você possui alguma restrição à prática de atividade física?				
10.8 Você tem, por aconselhamento médico ou por experiência própria, alguma outra razão que impeça a sua prática segura de atividade física sem supervisão médica?				
_____ Assinatura do Voluntário				

CONTINUAÇÃO DO ANEXO DO PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DE PILOTOS EM VOO

PARTE II - AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA											
1. Nome de guerra:					2. Data:		/ /				
3. Idade:				4. FC Repouso:				5. Peso		6. Estatura:	
7. Percentual de Gordura (%G) - Dobras Cutâneas (DC) em mm											
Dobra		1ª medida		2ª medida		3ª medida		Médias das 3 medidas			
Subescapular											
Tríceps											
Peitoral											
Axilar média											
Supra-iliaca											
Abdominal											
Femural médio											
								Somatório:			
PARTE III - AVALIAÇÃO EM SOLO											
1. Data:				2. Data último TACF:		/ /		3. Flexões de braço:			
4. Flexões de tronco:						5. Corrida de 12min:					
RUNNING-BASED ANAEROBIC SPRINT TEST (RAST-Test 35m)											
1º:				2º:				3º:			
4º:				5º:				6º:			
PARTE IV - AVALIAÇÃO EM VOO											
1. Data:		/ /									
2. Peso Pré-Voo:				3. FC Pré-Voo:				4. Tempo Relógio:			
5. Peso Pós-Voo:				6. FC Pós-Voo:				7. Tempo Relógio:			

CONTINUAÇÃO DO ANEXO DO PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DE PILOTOS EM VOO



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional

Parceria institucional: Marinha do Brasil – Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes



CARTA DE ANUÊNCIA PARA AUTORIZAÇÃO

Ao Sr. Comandante do 1º Esquadrão de Instrução Aérea (EIA)

Ao cumprimentar V.Sa., participo que sou aluno no Programa de Pós-graduação em Desempenho Humano Operacional (PPGDHO) pela Universidade da Força Aérea (UNIFA) e venho pelo presente, solicitar a possibilidade de autorização para realizar as atividades relativas ao estudo científico intitulado **"Análise de respostas autonômicas cardiovasculares de pilotos militares durante sequência de manobras acrobáticas"**, no âmbito da Academia da Força Aérea.

Neste contexto, informo que o estudo tem como objetivo analisar parâmetros cardiorrespiratórios em diferentes manobras de voo, visando identificar padrões que se relacionem com a capacidade operacional dos pilotos, promovendo um protocolo de análise, capaz de direcionar testes e treinamentos, acarretando na diminuição de custos operacionais, além de contribuir para prevenção de acidentes aeronáuticos.

Para isso, os aeronavegantes voluntários da AFA passarão por uma avaliação antropométrica, teste de capacidade física para, após, realizar um voo, a bordo da aeronave T-27 Tucano, como tripulante sem função ativa. Reforço que o estudo seguirá as orientações e doutrinas da Divisão de Operações Aéreas, e dos respectivos Chefes e Comandantes.

Informo ainda que, após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Aeronáutica de São Paulo (HFASP), será encaminhado uma via do parecer para Secretaria deste comando.

Contando com a autorização de V.Sa., informo que estou a disposição para esclarecimentos que por ventura remanesçam.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires

(21) 97613-7095 – E-mail: gilbertopivettapires@gmail.com

Pesquisador: 1º Ten Av Edson Koury Do Nascimento,

(19) 98220-6266 – E-mail: kouryekn@fab.mil.br / koury.fab@gmail.com

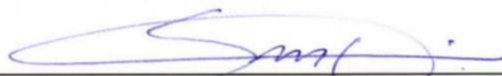
**CONTINUAÇÃO DO ANEXO DO PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DE PILOTOS
EM VOO**



1º Ten Av Edson KOURY do Nascimento – Pesquisador

Aluno do PPGDHO - UNIFA

☒) Concordo com a solicitação () Não concordo com a solicitação



Maj Av Guilherme Goncalves Herculan

Comandante do 1º EIA - AFA

CONTINUAÇÃO DO ANEXO DO PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DE PILOTOS EM VOO



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional

Parceria institucional: Marinha do Brasil – Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes



CARTA DE ANUÊNCIA PARA AUTORIZAÇÃO

Ao Sr. Comandante do Esquadrão de Demonstração Aérea (EDA)

Ao cumprimentar V.Sa., participo que sou aluno no Programa de Pós-graduação em Desempenho Humano Operacional (PPGDHO) pela Universidade da Força Aérea (UNIFA) e venho pelo presente, solicitar a possibilidade de autorização para realizar as atividades relativas ao estudo científico intitulado **“Análise de respostas autonômicas cardiovasculares de pilotos militares durante sequência de manobras acrobáticas”**, no âmbito da Academia da Força Aérea.

Neste contexto, informo que o estudo tem como objetivo analisar parâmetros cardiorrespiratórios em diferentes manobras de voo, visando identificar padrões que se relacionem com a capacidade operacional dos pilotos, promovendo um protocolo de análise, capaz de direcionar testes e treinamentos, acarretando na diminuição de custos operacionais, além de contribuir para prevenção de acidentes aeronáuticos.

Para isso, os pilotos voluntários da Esquadrilha da Fumaça passarão por uma avaliação antropométrica, teste de capacidade física e após realizarão um voo, a bordo da aeronave T-27 Tucano, como tripulante sem função ativa. Reforço que o referido estudo seguirá às orientações e doutrinas da Divisão de Operações Aéreas, e dos respectivos Chefes e Comandantes.

Informo ainda que, após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Aeronáutica de São Paulo (HFASP), será encaminhado uma via do parecer para Secretaria deste comando.

Contando com a autorização de V.Sa., informo que estou a disposição para esclarecimentos que por ventura remanesçam.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires

(21) 97613-7095 – E-mail: gilbertopivettapires@gmail.com

Pesquisador: 1º Ten Av Edson Koury Do Nascimento,

(19) 98220-6266 – E-mail: kouryekn@fab.mil.br / koury.fab@gmail.com



1º Ten Av Edson KOURY do Nascimento – Pesquisador

Aluno do PPGDHO - UNIFA

(☒) Concordo com a solicitação () Não concordo com a solicitação



Ten Cel Av MARCELO FRANKLIN RODRIGUES

Comandante do EDA

CONTINUAÇÃO DO ANEXO DO PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DE PILOTOS EM VOO



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa

Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional

Parceria institucional: Marinha do Brasil – Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes



CARTA DE ANUÊNCIA PARA AUTORIZAÇÃO

Ao Sr. Chefe da Divisão de Operações Aéreas (DOA)

Ao cumprimentar V.Sa., participo que sou aluno no Programa de Pós-graduação em Desempenho Humano Operacional (PPGDHO) pela Universidade da Força Aérea (UNIFA) e venho pelo presente, solicitar a possibilidade de **“Análise de respostas autonômicas cardiovasculares de pilotos militares durante sequência de manobras acrobáticas”**, no âmbito da Academia da Força Aérea.

Neste contexto, informo que o estudo tem como objetivo analisar parâmetros cardiorrespiratórios em diferentes manobras de voo, visando identificar padrões que se relacionem com a capacidade operacional dos pilotos, promovendo um protocolo de análise, capaz de direcionar testes e treinamentos, acarretando na diminuição de custos operacionais, além de contribuir para prevenção de acidentes aeronáuticos.

Para isso, os aeronavegantes voluntários da AFA passarão por uma avaliação antropométrica, teste de capacidade física para, após, realizar um voo, a bordo da aeronave T-27 Tucano, como tripulante sem função ativa. Reforço que o estudo seguirá as orientações e doutrinas da Divisão de Operações Aéreas, e dos respectivos Chefes e Comandantes.

Informo ainda que, após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Aeronáutica de São Paulo (HFASP), será encaminhado uma via do parecer para Secretaria deste comando.

Contando com a autorização de V.Sa., informo que estou à disposição para esclarecimentos que por ventura remanesçam.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires

(21) 97613-7095 – E-mail: gilbertopivettapires@gmail.com

Pesquisador: 1º Ten Av Edson Koury Do Nascimento,

(19) 98220-6266 – E-mail: kouryekn@fab.mil.br / koury.fab@gmail.com

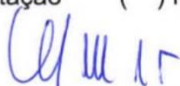
**CONTINUAÇÃO DO ANEXO DO PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DE PILOTOS
EM VOO**



1º Ten Av Edson KOURY do Nascimento – Pesquisador

Aluno do PPGDHO - UNIFA

(☒) Concordo com a solicitação (☐) Não concordo com a solicitação



Ten Cel Av Olympio De Carvalho Mendes Neto

Chefe da DOA - AFA

CONTINUAÇÃO DO ANEXO DO PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DE PILOTOS EM VOO



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional



Parceria institucional: Marinha do Brasil – Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes

CARTA DE AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA

Ao Sr. Comandante da Academia da Força Aérea (AFA)

Ao cumprimentar V.Sa., participo que sou aluno no Programa de Pós-graduação em Desempenho Humano Operacional (PPGDHO) pela Universidade da Força Aérea (UNIFA) e venho pelo presente, solicitar a possibilidade de autorização para realizar as atividades relativas ao estudo científico intitulado **“Análise de respostas autonômicas cardiovasculares de pilotos militares durante sequência de manobras acrobáticas”**, no âmbito da Academia da Força Aérea.

Neste contexto, informo que o estudo tem como objetivo analisar parâmetros cardiorrespiratórios em diferentes manobras de voo, visando identificar padrões que se relacionem com a capacidade operacional, promovendo um protocolo de análise, capaz de direcionar testes e treinamentos, acarretando na diminuição de custos operacionais, além de contribuir para prevenção de acidentes aeronáuticos.

Para isso, os aeronavegantes voluntários da AFA passarão por uma avaliação antropométrica, teste de capacidade física para, após, realizar um voo, a bordo da aeronave T-27 Tucano, como tripulante sem função ativa. Reforço que o estudo seguirá as orientações e doutrinas da Divisão de Operações Aéreas, e dos respectivos Chefes e Comandantes.

Informo ainda que, após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Aeronáutica de São Paulo (HFASP), será encaminhado uma via do parecer para a Secretaria deste comando.

Contando com a autorização de V.Sa., informo que estou à disposição para esclarecimentos que por ventura remanesçam.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires

(21) 97613-7095 – E-mail: gilbertopivettapires@gmail.com

Pesquisador: 1º Ten Av Edson Koury Do Nascimento,

(19) 98220-6266 – E-mail: kouryekn@fab.mil.br / koury.fab@gmail.com

**CONTINUAÇÃO DO ANEXO DO PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DE PILOTOS
EM VOO**



1º Ten Av Edson KOURY do Nascimento – Pesquisador
Aluno do PPGDHO - UNIFA

☒ Concordo com a solicitação () Não concordo com a solicitação



Brig Ar Marcelo Gobett Cardoso
Comandante da AFA

ANEXO D – CURSO DE CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*

MESTRADO PROFISSIONAL EM

DESEMPENHO HUMANO OPERACIONAL



PRODUTO TÉCNICO

CURSO DE CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL

1. NOME DO CURSO

Curso de Capacitação em “Avaliação das Variáveis Psicofisiológicas em Voo”

2. DESCRIÇÃO DO CURSO E FINALIDADE

Este produto técnico teve como finalidade proporcionar curso com natureza relacionada a formação profissional em exercício, para a capacitação de avaliadores e pesquisadores da área da Educação Física e Saúde, na aplicação de uma metodologia de testes para a avaliação de condições psicofisiológicas em pilotos militares durante desempenho operacional em voo.

3. CONEXÃO COM PESQUISA

Esta ação é consequência dos trabalhos de conclusão de curso (TCC) em desenvolvimento pelo Programa de Pós-graduação em Desempenho Humano Operacional (PPGDHO) da Universidade de Força Aérea (UNIFA) relacionado aos estudos: **“Análise de respostas autonômicas cardiovasculares de pilotos militares durante sequência de manobras acrobáticas”** e **“Validação do Teste de Brums para a avaliação de humor em pilotos da Força Aérea Brasileira; e com pesquisas em desenvolvimento pelo Programa de Cooperação Acadêmica em Defesa Nacional (PROCAD-DEFESA)** em parceria institucional com o

CONTINUAÇÃO DO ANEXO D – CURSO DE CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL

Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade São Judas Tadeu (USJT) da cidade de São Paulo-SP.

4. AVANÇO TECNOLÓGICO

A proposta combina conhecimentos da área da avaliação física e psicológica pré-estabelecidas pela literatura com as especificidades da área de conhecimento da medicina aeroespacial, sendo assim considerados de **médio teor inovativo**.

5. GRUPO DE TRABALHO

Os pesquisadores discentes e orientadores que formaram o Grupo de Trabalho envolvidos nesta ação de capacitação estão abaixo relacionados:

Discentes Autores:

1º Ten INF Andressa Midori Nishigawa Silva Lopes (PPGDHO/UNIFA)

CPF: 076.394.036-42

Cap QOAV Edson Koury do Nascimento (PPGDHO/UNIFA)

CPF: 054.909.764-38

Docentes Autores:

Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires (PPGDHO/PROCAD-DEFESA/UNIFA)

CPF: 260.126.048-31

Demais Autores:

Prof. Ms. Wilian de Jesus Santana (PROCAD-DEFESA/USJT)

CPF: 352.251.108-51

Prof. Dr. Aylton José de Figueira Junior (PROCAD-DEFESA/USJT)

CPF: 131.335.108-35

CONTINUAÇÃO DO ANEXO D – CURSO DE CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL

6. COMPLEXIDADE DA PRODUÇÃO TÉCNICA

A produção técnica pode ser classificada com sendo de **alta complexidade** por envolver docentes e discentes de diferentes instituições (públicas e privadas) em uma organização pública militar de acesso restritiva a um público de complexa acessibilidade.

7. CONTEXTUALIZAÇÃO

O desenvolvimento na aviação proporcionou enormes avanços nos sistemas e no desempenho das aeronaves e a avaliação da interação humano/máquina marca a próxima geração de avanços tecnológicos no setor aeroespacial. Nesse contexto, pilotos militares de combate devem ser capazes de suportar altas cargas estressoras, dentre estas a ação de forças acelerativas extremas, o que pode reduzir a capacidade do piloto e ainda afetar a própria segurança de voo.

Diante disso, as ferramentas disponíveis na medicina aeroespacial, embora sejam de suma importância, acabam não sendo suficiente para compreender adequadamente as capacidades operacionais e as dinâmicas de desempenho em voo, dado a velocidade com que se desenvolve a indústria aeroespacial (HARDY e PARASURAMAN, 1997; EVANS et al., 2009; STEINKRAUS et al., 2012).

Segundo Silva (2016) e Newman e Callister (2008), um dos maiores desafios para avaliar a capacitação e treinamento de pilotos é o monitoramento do desempenho fisiológico e psicológico da tripulação durante o voo. Estudos apontam que para o melhor gerenciamento dos riscos de acidentes aéreos, devemos entender as limitações impostas pela estrutura do cérebro (fisiológica e psicológica) durante ação de pilotagem (CARPENTER; ALLUM; HONEGGER, 2001; HAN et al., 2009).

Dentre estas possibilidades de monitoramento de variáveis fisiológicas durante a dinâmica operacional de voo, a análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) vem ganhando destaque no meio acadêmico como um instrumento de análise de possíveis adaptações ao ambiente aeroespacial (NEWMAN e CALLISTER, 2008; HARGENS; BHATTACHARYA; SCHNEIDER 2013; SÁ, 2015).

A Força-Tarefa da European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology demonstraram que a VFC é uma técnica

CONTINUAÇÃO DO ANEXO D – CURSO DE CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL

reconhecidamente capaz de identificar e avaliar as alterações cardiovasculares, por meio do Sistema Nervoso Autônomo (SNA) e estabeleceram diretrizes para testar equipamentos projetados para medir e registrar VFC. Além disso, ela pode ser utilizada para investigar e quantificar a regulação autonômica cardíaca, sendo um bom preditor para identificar fatores de riscos cardíacos e até mesmo ser utilizado como um marcador do tipo psicológico, como o estresse (TASK FORCE, 1996; BERNTSON; CACIOPPO; GROSSMAN, 2007; SILVA, 2016).

Dessa forma, o registro da FC e VFC durante o voo acrobático pode contribuir para identificar padrões que se relacionem com a capacidade operacional dos pilotos de caça da Força Aérea Brasileira (FAB) (ALBUQUERQUE, 2012; SILVA, 2016).

Quanto avaliação psicológica, estudos na área da psicologia ajudam a entender os fatores psicológicos, como estado emocional, sensação de bem-estar e a saúde mental, que são aspectos emocionais que influenciam diretamente no desempenho das atividades físicas e performance, aspectos associados a área motora (DE ROSE JÚNIOR, 2000).

Na literatura existem diversos instrumentos psicológicos validados, capazes de mensurar a autopercepção dos estados de humor. Dentre os mais estudados o instrumento psicológico de BRUMS se destaca, sendo este traduzido na língua portuguesa e adaptado para uso em atletas e não atletas (ROHLFS, et al., 2008).

Pesquisas recentes demonstram a eficácia do teste BRUMS na avaliação do desgaste físico e emocional do indivíduo pela influência na alteração nos estados de humor, sendo esta ferramenta muito eficaz na prevenção e controle, evitando o surgimento da síndrome do *overtraining* (excesso de treinamento).

Nessa senda, o Programa de Pós-graduação em Desempenho Humano Operacional, que objetiva a formação de recursos humanos qualificados para sistematizar e dinamizar a produção de conhecimento científico aplicado e o desenvolvimento de produtos, métodos, técnicas, processos e inovações técnico-profissionais que atendam às necessidades específicas de melhoria do desempenho operacional de militares, propõe a realização de um curso de formação profissional, por meio da oferta de curso de formação profiss voltadas para o aprendizado na aplicação de metodologias de testes e avaliação de variáveis fisiológicas e psicológicas para pilotos militares visando a melhoria do seu desempenho operacional.

CONTINUAÇÃO DO ANEXO D – CURSO DE CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL

8. OBJETIVO DO CURSO

Proporcionar formação profissional para a capacitação de avaliadores / pesquisadores da área da Educação Física e Saúde, na aplicação de uma metodologia de testes de avaliação de condições psicofisiológicas em pilotos militares durante desempenho operacional em voo.

9. METODOLOGIA

A atividade será desenvolvida e coordenada por docentes e discentes dos programas de Pós-graduação da UNIFA e USJT, por meio de duas (2) oficinas que serão ofertadas de maneira concomitante e divididas em três (3) etapas.

Na 1ª etapa será realizada uma exposição expositiva e dialogada dos métodos de avaliação das condições psicofisiológicas em pilotos militares durante desempenho operacional em voo.

A 2ª etapa será desenvolvida uma atividade de acompanhamento de uma aplicação prática de metodologia de avaliação psicofisiológica em um piloto militar do Esquadrão de Demonstração Aérea (EDA) como forma de vivência da prática da aplicação do método.

Na 3ª etapa os participantes do curso serão orientados para atuarem diretamente a realização da aplicação da metodologia aprendida nos pilotos do EDA.

10. LOCAL E CARGA HORÁRIO

Todas as atividades foram realizadas entre os dias **23 e 25 de maio de 2023**, nas dependências do Esquadrão de Demonstração Aérea (EDA) da FAB, localizado na Academia da Força Aérea (AFA).

11. ESTRUTURA CURRICULAR

As atividades seguiram o seguinte cronograma de atividade:

CONTINUAÇÃO DO ANEXO D – CURSO DE CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL

1ª Etapa: com duração de quatro (4) horas a ser realizada na terça-feira (dia 23/05) no período da tarde (13 às 17hs).

2ª Etapa: com duração de quatro (4) horas a ser realizada na quarta-feira (dia 24/05) no período da tarde (13 às 17hs).

3ª Etapa: com duração de oito (8) horas a ser realizada na quinta-feira (dia 25/05) compreendido no período da manhã (07 às 11hs) e no período da tarde (13 às 17hs).

12. CONTEÚDO TEÓRICO-PRÁTICO

- Apresentação da metodologia de aplicação do teste psicológico de estados de humor;
- Acompanhamento de aplicação do teste psicológico de estados de humor (Brums) em pilotos militares;
- Aplicação prática do teste psicológico de estados de humor (Brums) em pilotos militares;
- Apresentação da metodologia de aplicação e interpretação do teste de avaliação da Variabilidade da Frequência Cardíaca;
- Acompanhamento de aplicabilidade do teste de avaliação da Variabilidade da Frequência Cardíaca em pilotos militares; e
- Aplicação prática do teste de Variabilidade da Frequência Cardíaca em pilotos militares.

13. PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Almejou-se, a partir do conhecimento acerca dos testes de avaliação de condições psicofisiológicas de voo a realização de prática avaliativa com supervisão dos docentes pesquisadores e em um grupo de pilotos do EDA durante a realização de um voo de treinamento em formação com sete (7) aeronaves.

CONTINUAÇÃO DO ANEXO D – CURSO DE CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL

14.RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se através da apresentação, discussão, vivência, aplicação e problematização dos resultados encontrados, que o curso ofertado propicie formação para o desenvolvimento o aprimoramento do conhecimento técnico profissional aos militares da AFA.

15.PERFIL DO EGRESSO

O proposito deste curso de formação profissional foi de capacitação visando ao egresso atuar em avaliações das condições psicofisiológicas em pilotos militares durante desempenho operacional em voo, em suas organizações militares, auxiliando no controle e treinamento destas variáveis na melhoria do desempenho operacional destes profissionais.

16.REGISTRO DAS ATIVIDADES



CONTINUAÇÃO DO ANEXO D – CURSO DE CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL



CONTINUAÇÃO DO ANEXO D – CURSO DE CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL



CONTINUAÇÃO DO ANEXO D – CURSO DE CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL

MINISTÉRIO DA DEFESA
COMANDO DA AERONÁUTICA
UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA

Ofício nº 590/PROPGP/2911
Protocolo COMAER nº 67560.002680/2023-26

Rio de Janeiro, 19 de maio de 2023.

Do Comandante da Universidade da Força Aérea
Ao Comandante da Academia da Força Aérea

Assunto: Oferecimento de curso de capacitação para militares da AFA.

Referência: 1. Of nº 528/PROPGP/2561, de 04 maio 2023, do(a) UNIFA ao(à) AFA.

Anexo: A. Curso de Capacitação em Avaliação das Variáveis Psicofisiológicas em Voo.

1. Trata o presente expediente sobre curso de capacitação oferecido por docente do Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional (PPGDHO), no âmbito do Programa de Cooperação Acadêmica em Defesa Nacional (PROCAD-DEFESA), nessa Academia.

2. No período de 22 a 26 de maio próximo, serão desenvolvidas atividades de pesquisa envolvendo os pilotos do EDA, conforme o documento da Referência.

3. Dentre as atividades, será ofertado um Curso de Capacitação em Avaliação das Variáveis Psicofisiológicas em Voo (Anexo A), com carga horária de 16 (dezesseis) horas, em atividades práticas e teóricas.

4. Reforço que não haverá custos para a realização do Curso em tela, além do tempo investido na capacitação.

5. A participação no Curso será voluntária, iremos oferecer 7 (sete) vagas, preferencialmente para militares com graduação em Educação Física ou com o Curso de Orientador do Treinamento Físico (COTF).

6. Diante do exposto, consulto ao senhor sobre a possibilidade de autorizar os militares interessados a participar do Curso supramencionado.

7. Por fim, coloco à disposição o Cel Int R/1 **CARLOS ALBERTO LEITE DA SILVA**, Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa, nos telefones (21) 2157-2213 / (21) 99803-3469 e/ou e-mail: leitecals@fab.mil.br para os esclarecimentos que se fizerem necessários.

Maj Brig Ar **JOSÉ VIRGÍLIO GUEDES DE AVELLAR**
Cmt da UNIFA

CONTINUAÇÃO DO ANEXO D – CURSO DE CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL

(FL 2/2 do Of nº 590/PROPGP/2911 - UNIFA, de 19 MAIO 2023, Prot nº 67560.002680/2023-26)



CONTINUAÇÃO DO ANEXO D – CURSO DE CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL

MINISTÉRIO DA DEFESA
COMANDO DA AERONÁUTICA
UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA

DECLARAÇÃO

Declaro, para fins de registro acadêmico, que os Militares relacionados abaixo participaram do **Curso de Capacitação em "Avaliação das Variáveis Psicofisiológicas em Voo"**, ofertado pelo Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires, membro do Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional (PPGDHO), da Universidade da Força Aérea (UNIFA), com a participação de Andressa Midori Nishigawa Silva Lopes, de Edson Koury do Nascimento e de William Jesus Santana como palestrantes.

O referido Curso, de cunho teórico-prático, foi realizado na Academia da Força Aérea (AFA), no período de **23 a 25 de maio de 2023**, perfazendo a **carga horária total de 16 horas**, tendo o seguinte conteúdo programático:

- Apresentação da metodologia de aplicação e interpretação do teste psicológico de estados de humor;
- Acompanhamento de aplicação do teste psicológico de estado de humor (Bruns) em pilotos militares;
- Aplicação prática do teste psicológico de estados de humor (Bruns) em pilotos militares;
- Apresentação da metodologia de aplicação e interpretação do teste da avaliação da Variabilidade de Frequência Cardíaca;
- Acompanhamento de aplicação do teste da avaliação da Variabilidade de Frequência Cardíaca em pilotos militares; e
- Aplicação prática do teste a Variabilidade de Frequência Cardíaca em pilotos militares.

Sendo essas as considerações, declaro que participaram e concluíram com aproveitamento o **Curso de Capacitação em "Avaliação das Variáveis Psicofisiológicas em Voo"**:

- 1º Ten QOCon MDS Paula Parisi Hodniki;
- 2º Ten QOCon EFI Michelle Passos Barcelos Gonçalves;
- 1º Ten QOCon MDS Carla Cristina Evangelisti Moreira da Silva;
- 1º Ten QOCon EFI Karina Luperini;



Av. Marechal Fontenelle, nº 800 - Rio de Janeiro - RJ - CEP:21740-002 - Tel: (21)2157-2728 / FAX: (21)2157-2136 - Email: protocolo.unifa@fab.mil.br

CONTINUAÇÃO DO ANEXO D – CURSO DE CAPACITAÇÃO PROFISSIONAL

(FL 2/2 da Declaração - UNIFA, de 16 NOV 2023)

- 2º Ten QOCon MDS André Caliari Oliveira;
- 2º Ten QOCon MDS Mariana Klein Missão;
- 1º Ten QOCon EFI Leandra Benetti Campos;
- 2º Ten QOCon EFI Cristiane Roberta Bertolucci; e
- 2º Ten QOCon MDS Raul Canestri Galvino Reis.

Rio de Janeiro, 16 de novembro de 2023.

Jéssica da Silva R. da Costa
JÉSSICA DA SILVA RODRIGUES DA COSTA Primeiro-Tenente do Quadro de Oficiais de
Apoio Pedagoga
Chefe da Secretaria Acadêmica da UNIFA

