

Revista da

UNiFA

UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA v. 31 n. 2 julho/dezembro 2018

Uma Visão do Poder Aeroespacial

e-ISSN 2175-2567



CORPO EDITORIAL



Revista da UNIFA Publicação Semestral v. 31 n. 1 Janeiro/junho 2018

Reitor da UNIFA

Maj Brig Ar José Isaias Augusto de Carvalho Neto

Vice-Reitor da UNIFA

Brig Int R1 Luiz Tirre Freire

Editor-Chefe

Cel Av R1 Marcos Jorge Alves Gemaque

Editor-Adjunto

Prof. Dr. Bruno de Melo Oliveira

Editores-Assistentes

1º Ten Bib Cíntia Sales de Sousa

1º Ten Ped Jaqueline Maria Pereira Fulgêncio

1º Ten Bib Cíntia Carneiro Marinho

2º Ten Bib Adriana Maria dos Santos

Comitê de Ética Institucional

Vice-Reitor Acadêmico

Coordenador de Ensino da UNIFA

Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa

Pró-Reitor de Apoio à Pesquisa

Pró-Reitor de Extensão e Cooperação

Pró-Reitor de Estudos Especializados e Idiomas

Chefe do Centro de Educação à Distância

Chefe do Centro de Estudos Avançados

Oficiais Superiores da Vice-Reitoria Acadêmica da UNIFA

Comandante da ECEMAR

Presidente da CDA

Vice-Presidente da CDA

Comandante da EAOAR

Conselho Editorial Científico

Andréa Fabiana de Lira - UFBA - BA

Claudio Rodrigues Corrêa - EGN - RJ

Erico Duarte - UFRGS - RS

Fabio Walter - UFRP - PB

Fernando de Souza Costa - INPE - SP

Flavio Neri Jasper - SEFA - DF

Francisco Eduardo Alves de Almeida - EGN - RJ

Guilherme Sandoval Góes - ESG - RJ

João Roberto Martins Filho - UFSCar - SP

Koshun Iha - ITA - SP

Lamartine Nogueira Frutuoso Guimarães - IEAv - SP

Marco Antonio Sala Minucci - IEAv - SP

Marcos Jorge Alves Gemaque - UNIFA - RJ

Thais Russomano - PUC - RS - RS

Vantuil Pereira - UFRJ - RJ

Revisão Técnica

1º Ten QOCON MSS Maristani Cristina Girotti Americo - AFA - SP

1º Ten QOCON MIS Eliane Maria Heanna Machado Matioli - AFA - SP

1º Ten QOCON BIB Cíntia Sales de Sousa - UNIFA - RJ

1º Ten QOCON BIB Cíntia Carneiro Marinho - UNIFA - RJ

1º Ten QOEA SVA Dejair Fernandes Junior - CDA - RJ

2º Ten QOCON BIB Adriana Maria dos Santos - UNIFA - RJ

2º Ten QOCON MSS Ana Carolina Aparecida Marques Soares - AFA - SP

Prof.ª Catarina Labouré Madeira Barreto Ferreira - UNIFA - RJ

Prof.ª Dr.ª Cláudia Maria Souza Antunes - UNIFA - RJ

Prof.ª Dr.ª Elaine Risques Faria - AFA - SP

Prof.ª Maria Cláudia de J. Machado - AFA - SP

Prof. Rodrigo Tostes Geoffroy - AFA - SP

Editoria Científica

SO R1 Ronaldo de Paula Malheiros

SO R1 Roberto Fernandes Ferreira

Equipe de Edição

Diagramação

SO SDE Samuel Gonçalves Mastrange

CB SGS Lessandro Augusto da Silva Queluci

Secretaria

SO R1 Sílvia Gomes de Oliveira

Desenvolvimento WEB

2S SAD Diego Sodré Ribeiro

3S SIN Victor Willian Aguiar dos Santos

Impressão

UNIFA

Tiragem

1000 exemplares

Distribuição

Gratuita



Nossa capa

Fotografia da SO SAD R1 Márcia Idalina de Oliveira Miguez: "Um novo olhar sobre a UNIFA".

Escada do saguão principal do prédio do Comando da UNIFA.

REVISTA DA UNIFA

Uma Visão do Poder Aeroespacial

v. 31 n. 2 julho/dezembro 2018

Rio de Janeiro - RJ

Revista da UNIFA	Rio de Janeiro	v. 31	n. 2	p. 01 - 144	jul./dez. 2018
------------------	----------------	-------	------	-------------	----------------

Os textos publicados na revista são de inteira responsabilidade de seus autores.

The authors assume full responsibility for the texts published in the journal.

Los textos publicados en la revista son de entera responsabilidad de sus autores.

Indexado em / indexed in / indexado en:   

Classificado no / classified at the / clasificado en: **WebQualis da CAPES / CAPES WebQualis / WebQualis de la CAPES**

Disponível em / Available in / Disponible en: 

Licenciada / Licensed / con licencia: 

Revista da UNIFA / Universidade da Força Aérea. – Ano 1, n. 1 (23 out.1985)-ano 20, n. 23 (nov. 2008); [nova sér.], v. 22, n. 24 (jan./jun. 2009)-v. 28, n. 37 (dez. 2015); [nova sér.], v. 29, n. 2 (dez. 2016)- . – Rio de Janeiro : Universidade da Força Aérea, 1985- .

Semestral.

A partir de janeiro/junho 2009 numerado como volume.

A partir de janeiro/junho 2016 a numeração dos fascículos recomeça a cada ano com n. 1 e a numeração dos volumes mantém a sequência do ano anterior.

ISSN 1677-4558.

e-ISSN 2175-2567.

Distribuição gratuita.

1. Força Aérea Brasil - periódicos. 2. Aeronáutica - Brasil. 3. Poder aeroespacial. I. Universidade da Força Aérea.

CDU: 355.354(81)(05)

2018

Impresso no Brasil

Printed in Brazil

Impreso en Brasil

Distribuição gratuita

free distribution

distribución gratuita

Editorial	4
<i>Editorial</i>	5
<i>Editorial</i>	6

ARTIGOS / ARTICLES / ARTÍCULOS

ORIGINAL / ORIGINAL / ORIGINAL

Análise microscópica pós-queima do material do inserto da tubeira de motor-foguete a propelente sólido: conceituação teórica (Parte I)	7
<i>Afterburner microscopic analysis of the nozzle insert material of the solid propellant rocket engine: theoretical conception (Part I)</i>	20
<i>Análisis microscópico post-queima del material del inserto de la tubería de motor-cobete a propelente sólido: concepción teórica (Parte I)</i>	33
Ronald Izidoro Reis, Wilson Kiyoshi Shimote e Luiz Cláudio Pardini	
A influência do afastamento da atividade aérea no desempenho do piloto de F-5M¹	46
<i>The influence of air activity removal on the performance an F-5M pilot¹</i>	57
<i>La influencia del alejamiento de la actividad aérea en el rendimiento del piloto de F-5M¹</i>	68
Andrei Henning Salmoria	

ESTUDO DE CASO / CASE STUDY/ ESTUDIO DE CASO

As competências necessárias ao piloto para o cumprimento da Ação de Ataque com o AH-2 Sabre: uma análise curricular	79
<i>The required skills for the pilot to perform the Attack Action with the AH-2 Sabre: a curricular analysis</i>	90
<i>Las competencias necesarias al piloto para el cumplimiento de la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre: un análisis curricular</i>	101
José Adriano Hespagnol	
Estudo sobre a influência do Curso de Formação Líder de Esquadrilha de Caça no esforço aéreo total dos Esquadrões do 3º GAV	112
<i>Study on the influence of the Fighter Squadron Leader Training Course in the total airborne effort of the 3rd GAV Squadrons</i>	122
<i>Estudio sobre la influencia del Curso de Formación Líder de Escuadrilla de Caza en el esfuerzo aéreo total de los Escuadrones del 3er GAV</i>	132
Edgar Barcellos Carneiro	

PARECERISTAS DAS EDIÇÕES DE 2018/ EVALUATORS OF 2018 EDITIONS/ DICTAMINADORES DE LAS EDICIONES DE 2018	142
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

ORIENTAÇÕES PARA SUBMISSÃO/ ORIENTATIONS FOR SUBMISSION/ ORIENTACIONES PARA SUBMISIÓN	144
----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Publicada desde 1985, a Revista da UNIFA é um periódico científico avaliado às cegas por pares, de periodicidade semestral e dotada de uma visão do Poder Aeroespacial. Concebida como um veículo de divulgação dos trabalhos dos alunos dos cursos de pós-graduação dos oficiais da Força Aérea Brasileira, a revista passou por um processo de transformação, superando dificuldades e se consolidando como um periódico científico dedicado ao tema do Poder Aeroespacial.

Nos últimos anos, também em face das modificações operadas com a criação do Ministério da Defesa e o desenvolvimento de centros de pesquisa e ensino, dedicados à Defesa e aos Estudos Estratégicos, a revista foi aprimorada, conquistando, assim, um perfil acadêmico de acordo com os novos tempos. Também dentro da própria Universidade da Força Aérea, outros setores mostraram-se integrados ao processo de transformação instaurado, fomentando as pesquisas atinentes às necessidades do Comando da Aeronáutica (COMAER), aproximando-se, assim, da comunidade acadêmica. Desta forma, a Coordenadoria de Mestrado em Ciências Aeroespaciais, subordinada a Pró-Reitoria de Ensino, encontra mais um espaço de divulgação dos trabalhos dos docentes e discentes, reforçando os laços de cooperação de setores de uma instituição que acompanha os ventos de mudança.

Paralelamente, o cenário tem estimulado o intercâmbio de ideias entre os periódicos dedicados às áreas afins devido ao contínuo crescimento do COMAER, favorecendo troca de experiências e discussões acerca do aprimoramento das modalidades de submissão e do amadurecimento do campo de atuação das publicações. Diante disso, a Revista da Universidade da Força Aérea firma-se como uma publicação singular em que se discutem os diversos aspectos com que o COMAER se confronta em seu cotidiano e em suas necessidades de planejamento, estratégia, defesa, capacitação e análise crítica.

A publicação tem como foco de sua atenção os estudos do Poder Aeroespacial. Desta forma, procura-se explicitar o escopo do periódico, elemento que baliza os artigos coligidos em nossas edições. Assim, o foco do periódico se debruça sobre as reflexões deste conceito norteador. Conforme a definição apresentada na Doutrina Básica da Aeronáutica, o Poder Aeroespacial,

É a projeção do Poder Nacional resultante da integração dos recursos de que a Nação dispõe para a utilização do espaço aéreo e do espaço exterior, quer como instrumento de ação política e militar quer como fator de desenvolvimento econômico e social, visando conquistar e manter os objetivos nacionais¹.

Seus elementos constitutivos – Força Aérea, Aviação Civil, Infraestrutura Aeroespacial, Indústria Aeroespacial, Complexo Científico-Tecnológico Aeroespacial e os Recursos Humanos Especializados em Atividades Relacionadas ao Emprego Aeroespacial² – formam áreas que se interligam, estimulando a promoção de análises pertinentes aos estudos das mais diversas áreas do conhecimento correlacionadas a esse conceito.

Dado o alto grau de complexidade desta realidade, não é possível desconsiderar campos do conhecimento, como as grandes áreas de Ciências Biológicas, Ciências da Saúde, Engenharias, Multidisciplinar, Ciências Humanas, Ciências Sociais Aplicadas, entre outras, que são classificadas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A aproximação entre diversas disciplinas favorece a promoção de análises dedicadas ao desenvolvimento do Poder Aeroespacial e estimula uma reflexão crítica sobre o tema.

Estando disponível nas versões impressa e *on-line*, a Editoria Científica da Revista da UNIFA tem promovido desde 2014 a tradução de artigos nas línguas inglesa e espanhola como forma de contribuir com a difusão da produção acadêmica no Cone Sul, nos Estados Unidos, em diversos países Europeus e outros que demonstrem interesse em manter parceria na difusão de pesquisas científicas. Todavia, para que esta empreitada encontre êxito, o compromisso com o trabalho e o rigor com os procedimentos constituem as chaves para o cumprimento da missão.

Boa leitura!

¹BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 278/GC3, de 21 de junho de 2012. Aprova a reedição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA1-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, n.121, f. 10, 26 jun. 2012. Disponível em: <<https://www2.unifa.aer.mil.br/posgrad/docs/dca.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

² *Ibid.*, f. 35-36.

Published since 1985, Journal of UNIFA is a scientific journal blindly evaluated by peers, published every six months and endowed with an Aerospace Power view. Conceived as a vehicle for disseminating the students' work from the Brazilian Air Force officers post-graduate, the journal underwent a process of transformation, overcoming difficulties and consolidating itself as a scientific periodical dedicated to the theme of Aerospace Power.

In recent years, also in view of the changes that have been made with the creation of the Ministry of Defense and the development of research and teaching centers, dedicated to Defense and to Strategic Studies, the journal was improved achieving therefore an academic profile according to new times. Still within the Air Force University, other sectors were integrated into the process of transformation established, fostering researches related to the needs of the Aeronautical Command (COMAER), thus approaching the academic community. In this way, the Master's Degree in Aerospace Sciences Department, subordinated to the Pro-Rector of Teaching, finds another space for disseminating the work of teachers and students, reinforcing the cooperation ties of sectors of an institution that accompanies the winds of change.

In parallel, the scenario has stimulated the exchange of ideas among journals dedicated to related areas due to the continuous growth of the COMAER, favoring the exchange of experiences and discussions about the improvement of submission modalities and the maturation of the publications field. In view of this, Journal of the Air Force University is a singular publication that are discussed the various aspects with which the COMAER is confronted in its daily life and in its planning, strategy, defense, training and critical analysis.

The publication focuses on the studies of Aerospace Power. In this way, it is proposed to explain the scope of the journal, an element that marks the papers collected in its editions. Thus, the Journal of UNIFA focuses on the reflections of that guiding concept. According to the definition presented in the Basic Doctrine of Air Force, the Aerospace Power,

Is the projection of National Power resulting from the integration of the resources available to the Nation for the use of airspace and of outer space, both as an instrument of political and military action and as a factor of economic and social development, aiming to achieve and maintain national objectives¹.

Its constituent elements – Air Force, Civil Aviation, Aerospace Infrastructure, Aerospace Industry, Aerospace Scientific and Technological Complex, and Human Resources Specializing in Aerospace Employment² – form areas that interconnect, stimulating the promotion of analyzes pertinent to studies of the most diverse areas of knowledge correlated with that concept.

Given the high degree of complexity of this reality, it is not possible to disregard fields of knowledge, such as the large areas of Biological Sciences, Health Sciences, Engineering, Multidisciplinary, Human Sciences, Applied Social Sciences and others, which are classified by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES). The approximation among several disciplines favors the promotion of analyzes dedicated to the development of Aerospace Power and stimulates a critical reflection on the subject.

Being available in print and on-line versions, the Journal of UNIFA's Scientific Editorial Department has been promoting since 2014 the translation of papers in the English and Spanish languages as a way to contribute to the diffusion of academic production in the Southern Cone, in the United States, in several European countries and in others that show interest in maintaining partnership in that diffusion of scientific researches. However, for this undertaking to be successful, commitment to work and rigorous procedures are the keys to the fulfillment of the mission.

Good reading!

¹BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 278/GC3, de 21 de junho de 2012. Aprova a reedição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA1-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, n.121, f. 10, 26 jun. 2012. Disponível em: <<https://www2.unifa.aer.mil.br/posgrad/docs/dca.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

² Ibid., f. 35-36.

Publicada desde 1985, la Revista de la UNIFA es un periódico científico, cuyos artículos son previamente evaluados a ciegas por los pares, con una periodicidad semestral y dotado de una visión del Poder Aeroespacial. La revista pasó por un proceso de transformación, superando las dificultades y consolidándose como un periódico científico dedicado al tema del Poder Aeroespacial, concebido para ser un vehículo de divulgación de los trabajos de los alumnos de los cursos de post-formación de los oficiales de la Fuerza Aérea Brasileña.

En los últimos años, también ante las modificaciones ocurridas con la creación del Ministerio de Defensa y el desarrollo de centros de investigación y enseñanza, dedicados a la Defensa y los Estudios Estratégicos, la revista fue mejorada, conquistando así un perfil académico, de acuerdo con los nuevos tiempos. También dentro de la propia Universidad de la Fuerza Aérea, otros sectores se integraron al proceso de transformación instaurado, fomentando las investigaciones relativas a las necesidades del Comando de la Aeronáutica (COMAER), aproximándose así a la comunidad académica. De esta forma, la Coordinadora de Maestría en Ciencias Aeroespaciales, subordinada a la Pro-Rectoría de Enseñanza, encontró otro espacio de divulgación de los trabajos de los docentes y discentes, reforzando los lazos de cooperación de los sectores de una institución que acompaña las tendencias de cambio.

Paralelamente, el escenario ha estimulado el intercambio de ideas entre los periódicos dedicados a las áreas afines, debido al continuo crecimiento del COMAER, lo que favorece el intercambio de experiencias y discusiones acerca del perfeccionamiento de las modalidades de sumisión de artículos y de la maduración del campo de actuación de las publicaciones. La revista de la Universidad de la Fuerza Aérea se estableció como una publicación singular, en que se discuten los diversos aspectos con los que del COMAER se enfrenta diariamente, en la atención de sus necesidades de planificación, estrategia, defensa, capacitación y análisis crítico.

La publicación tiene como foco de atención los estudios del Poder Aeroespacial. De esta forma, se procura explicitar el alcance del periódico, que es un elemento el cual modera los artículos recopilados en nuestras ediciones. Así, el foco del periódico se basa en las reflexiones de este concepto moderador. Conforme a la definición presentada en la Doctrina Básica de la Aeronautica, el Poder Aeroespacial,

Es la proyección del Poder Nacional resultante de la integración de los recursos de que dispone la Nación para la utilización del espacio aéreo y del espacio exterior, sea como un instrumento de acción política y, militar, o como un factor de desarrollo económico y social, buscando conquistar y mantener los objetivos nacionales¹.

Sus elementos constitutivos – Fuerza Aérea, Aviación Civil, Infraestructura Aeroespacial, Industria Aeroespacial, Complejo Científico y Tecnológico Aeroespacial y los Recursos Humanos Especializados en Actividades Relacionadas al Empleo Aeroespacial² – forman áreas que se interconectan, estimulando la promoción de los análisis relativos a los estudios de las más diversas áreas del conocimiento que tienen correlación con este concepto.

Debido al alto grado de complejidad de esta realidad, no es posible desconsiderar ciertos campos de conocimiento, tales como las grandes áreas de Ciencias Biológicas, Ciencias de la Salud, Ingenierías, el área Multidisciplinar, Ciencias Humanas, Ciencias Sociales Aplicadas, entre otras, que se clasifican por la Coordinación de Perfeccionamiento de Personal de Nivel Superior (CAPES). El acercamiento entre estas diversas disciplinas favorece la promoción de los análisis dedicados al desarrollo del Poder Aeroespacial y estimula una reflexión crítica sobre el tema.

Estando disponible en las versiones impresa y en línea, la Editorial Científica de la Revista de la UNIFA ha promovido desde 2014 la traducción de artículos en los idiomas inglés y español, como una forma de contribuir a la diseminación de la producción académica en el Cono Sur, en los Estados Unidos, en diversos países europeos y otros que demuestren tener interés en mantener un pacto para la diseminación de investigaciones científicas. Sin embargo, para que este esfuerzo tenga éxito, el compromiso con el trabajo, además del rigor con los procedimientos, constituyen las claves para el cumplimiento de la misión.

¡Buena lectura!

¹BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 278/GC3, de 21 de junho de 2012. Aprova a reedição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA1-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, n.121, f. 10, 26 jun. 2012. Disponível em: <<https://www2.unifa.aer.mil.br/posgrad/docs/dca.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

² Ibid., f. 35-36.

Análise microscópica pós-queima do material do inserto da tubeira de motor-foguete a propelente sólido: conceituação teórica (Parte I)

Afterburner microscopic analysis of the nozzle insert material of the solid propellant rocket engine: theoretical conception (Part I)

Análisis microscópico post-queima del material del inserto de la tubería de motor-cohete a propelente sólido: concepción teórica (Parte I)

Ronald Izidoro Reis^I

Wilson Kiyoshi Shimote^{II}

Luiz Cláudio Pardini^{III}

RESUMO

O presente trabalho apresenta estudo conduzido na Divisão de Materiais (AMR), subordinada ao Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), organização do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), para investigar o comportamento microestrutural do material a base de compósito carbono/carbono usado como proteção térmica/inserto em garganta de tubeira de foguetes. Esses sistemas são submetidos a um fluxo intenso de calor proveniente dos gases em alta velocidade, que levam ao fenômeno de ablação nas regiões da tubeira em motores a propulsão sólida de veículos S43, por exemplo. A ablação é um fenômeno erosivo que ocorre em regiões do sistema de proteção térmica e cujo material é removido por influências termomecânicas, termoquímicas e termofísicas ou combinadas. Assim, para manter a integridade da tubeira, utilizam-se materiais como Sistemas de Proteção Térmica (SPT). Os materiais para proteção térmica podem ser classificados, conforme o mecanismo predominante de proteção, em ablativos e reirradiantes. A maioria dos materiais ablativos são compósitos reforçados com fibras estruturais (sílica ou carbono, por exemplo) e unidos com resinas termorrígidas orgânicas e, na classe de materiais reirradiantes, encontram-se os compósitos termoestruturais com matriz de carbono,

reforçados com fibras de carbono (CRFC), compósitos com matriz híbrida de carbono/carbeto de silício (C/SiC), e os compósitos de matriz e fibras de carbeto de silício (SiC/ SiC) e os materiais cerâmicos covalentes, como ZrC, HfC e TaC, por exemplo, principalmente na forma de materiais modificadores internos ou como recobrimentos. A preparação das amostras e conceituações inerentes aos materiais são apresentadas como parte I do trabalho e a avaliação do comportamento microestrutural do motor S43 será realizada por estereomicroscopia, Microscopia Ótica (MO) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), será apresentada, em trabalho futuro, como parte II.

Palavras-chave: Inserto da tubeira. Motor-foguete. Propulsão sólida. Inserto de CRFC.

ABSTRACT

This work presents a study conducted in the Materials Division (AMR), subordinated to the Institute of Aeronautics and Space (Instituto de Aeronáutica e Espaço - IAE), organization of the Department of Aerospace Science and Technology (DCTA), to investigate the microstructural behavior of carbon/carbon composite based material used as heat shield/insert in nozzle throat of rockets. These systems are subjected to an intense heat flow from the gases at high speed, which lead to the ablation

I. Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) – São José dos Campos/SP – Brasil. Phd em Engenharia Metalúrgica e Materiais pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). E-mail: ronaldrir@fab.mil.br

II. Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) – São José dos Campos/SP – Brasil. Doutor em *Sciences et Ingénierie en Matériaux, Mécanique, Energétique et Aéronautique* pela *École Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique* – França. E-mail: wilsonwks@fab.mil.br

III. Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) – São José dos Campos/SP – Brasil. Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela *University Of Bath* – Inglaterra. E-mail: pardinilcp@fab.mil.br

Recebido: 22/08/18

Aceito: 13/11/18

phenomenon in the nozzle regions in solid propulsion engines of S43 vehicles, for example. Ablation is an erosive phenomenon that occurs in regions of the thermal protection system and whose material is removed by thermomechanical, thermochemical and thermophysical or combined influences. Thus, in order to maintain the integrity of the nozzle, materials such as Thermal Protection Systems (TPS) are used. The materials for thermal protection can be classified, according to the predominant mechanism of protection, in ablatives and reirradiant. Most of the ablative materials are composites reinforced with structural fibers (silica or carbon, for example) and bonded with organic thermo rigid resins and the class of reirradiant materials include carbon mesh thermostructural composites reinforced with carbon fibers (CRFC), composites with silicon carbon/silicon carbide (C/SiC) hybrid mesh, and the silicon carbide mesh and fibers composites (SiC/SiC) and covalent ceramic materials such as ZrC, HfC and TaC, for example, mainly in the form of internal modifying materials or as coatings. The preparation of the samples and concepts related to the materials are presented as part I of the work and the assessment of the microstructural behavior of the S43 engine will be performed by stereomicroscopy, Optical Microscopy (MO) and Scanning Electron Microscopy (SEM), as part II.

Keywords: Nozzle insert. Rocket engine. Solid propulsion. CRFC insert.

RESUMEN

El presente trabajo presenta un estudio conducido en la División de Materiales (AMR), subordinada al Instituto de Aeronáutica y Espacio (IAE), organización del Departamento de Ciencia y Tecnología Aeroespacial (DCTA), para investigar el comportamiento microestructural del material a base de compuesto carbono/carbón utilizado como protección térmica/inserto en la garganta de los tubos de cohete. Estos sistemas se someten a un flujo intenso de calor proveniente de los gases de alta velocidad, que llevan al fenómeno de ablación en las regiones de la tubería en motores a propulsión sólida de vehículos S43, por ejemplo. La ablación es un fenómeno erosivo que ocurre en regiones del sistema de protección térmica y cuyo material es removido por influencias termomecánicas, termoquímicas y termofísicas o combinadas. Así, para mantener la integridad de la tobera, se utilizan materiales como Sistemas de Protección Térmica (SPT). Los materiales para protección térmica pueden clasificarse, según el mecanismo predominante de protección, en ablativos y reirradiantes. La mayoría de los materiales ablativos son compuestos reforzados con fibras estructurales (sílice o carbono, por ejemplo)

y unidos con resinas termorregidas orgánicas y, en la clase de materiales reirradiantes, se encuentran los composites termoestructurales con matriz de carbono, reforzados con fibras de carbono (CRFC), compuestos con matriz híbrida de carbono/carburo de silicio (C/SiC), y los compuestos de matriz y fibras de carburo de silicio (SiC/SiC) y los materiales cerámicos covalentes, como ZrC, HfC y TaC, por ejemplo, principalmente en forma de materiales modificadores internos o como recubrimientos. La preparación de las muestras y concepciones inherentes a los materiales se presenta como parte I del trabajo y la evaluación del comportamiento microestructural del motor S43 será realizada por estéreo microscopia, Microscopia Óptica (MO) y Microscopia Electrónica de Barrido (MEV), será presentada, en trabajo futuro, como parte II.

Palabras clave: Inserto de la tobera. Motor-cohete. Propulsión sólida. Inserto de CRFC.

1 INTRODUÇÃO

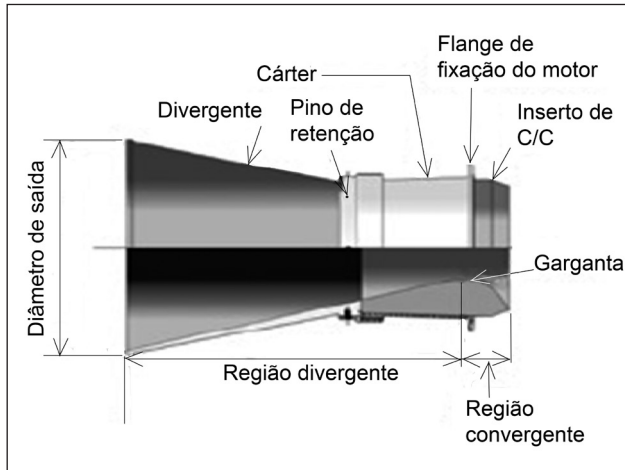
Os motores foguetes utilizados em veículos lançadores de satélites e foguetes suborbitais, desenvolvidos no Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), possuem sistemas de propulsão química, onde há reação de combustão do propelente, tanto sólido, líquido ou híbrido. Assim, seguindo o conceito clássico, ocorre a produção de energia térmica, na forma de gases, sob elevada temperatura e pressão. Os gases gerados na câmara de combustão são ejetados pela tubeira onde ocorre a conversão da energia térmica em energia cinética, resultando em empuxo para propulsão do foguete (SUTTON, 1992).

1.1 Tubeira

Segundo Palmerio (2017, p. 73), a escolha dos materiais e do projeto do perfil geométrico interno da tubeira são essenciais para que o escoamento e expansão dos gases oriundos da queima do propelente sejam eficientes para geração de empuxo do veículo lançador. Não basta somente que os gases sejam produzidos e liberados. Para que seja possível induzir alta velocidade ao foguete, é preciso acelerar os gases produzidos de modo que estes atinjam altas velocidades na seção de saída. Para atingir esse efeito, o inserto de compósitos com matriz de carbono, reforçados com fibras de carbono (CRFC) (Figura 1), componente da tubeira, tem em seu interior uma região convergente, que inicia o processo de aceleração, outra divergente, na qual os gases são expandidos até a velocidade supersônica (número de mach >1) até a ejeção pela seção de saída. Na transição entre as regiões convergente e divergente, situa-se a seção crítica

denominada garganta, que possui o menor diâmetro e em cuja seção os gases atingem a velocidade sônica (número de mach =1). A Figura 1 ilustra esquematicamente uma tubeira de um motor foguete típica, utilizada em veículos lançadores para missões suborbitais.

Figura 1 – Conjunto da tubeira de um veículo lançador.



Fonte: Palmerio (2017).

O cárter, apresentado na Figura 1, tem as seguintes funções:

- i) fixação da tubeira ao envelope motor, por meio de flange;
- ii) receptáculo do inserto com superfície interna ligeiramente cônica com o objetivo de evitar a expulsão do inserto devido à passagem dos gases pela tubeira; e
- iii) resistência mecânica para suportar a pressão interna na região do divergente.

Palmerio (2017) menciona também que a região do inserto da garganta é submetida a um fluxo intenso de calor proveniente dos gases em alta velocidade. Para suportar essas condições, utilizam-se materiais com características especiais que formarão uma barreira de proteção térmica, promovendo isolamento suficiente para manter a temperatura e integridade da estrutura do cárter metálico e do veículo lançador como um todo.

Segundo Silva (2009), de forma geral, materiais de diferentes características são empregados em Sistemas de Proteção Térmica (SPT) na indústria aeroespacial com propriedades específicas, como baixa massa específica, elevada resistência mecânica e elevado ponto de fusão. Cada tipo de material é empregado de acordo com suas características para a proteção térmica da tubeira. Esses materiais podem ser classificados, conforme o mecanismo predominante de proteção térmica, em: ablativos ou reirradiantes.

1.1.1 Materiais ablativos

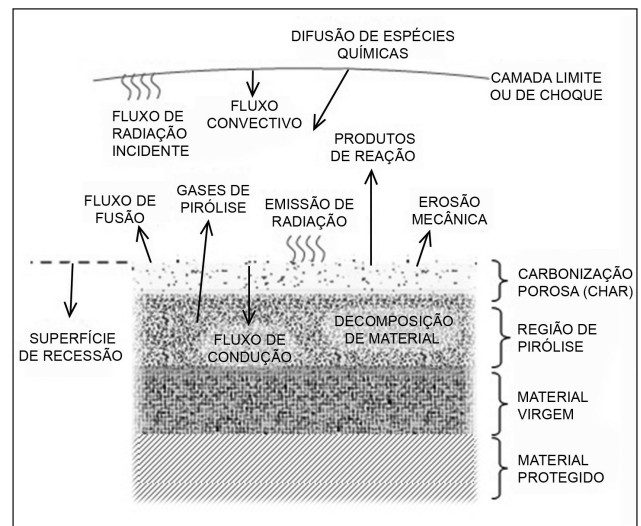
Utilizam-se os materiais ablativos como um método prático para aliviar condições extremas de aquecimento aerodinâmico que se verificam durante a reentrada de

sistemas espaciais na atmosfera, bem como no escoamento a altas velocidades dos gases de exaustão dos propulsores. Neste SPT a dissipação da energia térmica ocorre pela perda de massa e pela mudança de fase do material. Suas principais características são a resistência térmica à alta temperatura, resistência à erosão, ao choque térmico e impacto, além de baixa condutividade térmica e calor específico elevado (SILVA, 2009).

Os SPT que utilizam materiais ablativos são os mais simples e consistem no recobrimento externo do veículo por meio de uma couraça com grande capacidade térmica, para suportar o intenso fluxo de calor emanado da perda de energia cinética em trajetória balística na reentrada atmosférica, e cujas taxas de aquecimento e desaceleração são muito intensas, em curto período de tempo.

Os compostos essencialmente ablativos são materiais reforçados com fibras estruturais (sílica, quartzo ou carbono) e unidos com resinas termorrígidas orgânicas, usualmente, resinas fenólicas (LAUB; VENKATAPATHY, 2003). Quando aquecidos, ocorre a pirólise da matriz termorrígida (resina), que se converte em carbono poroso na superfície do material e tende a criar uma camada de gás próxima a essa superfície com uma temperatura menor que a temperatura do gás externo proveniente do fluxo de alta entalpia. Os gases fluem na direção da superfície quente e acabam sendo injetados na camada limite, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Mecanismos de acomodação de calor dos materiais ablativos.



Fonte: Pulci et al. (2010).

No processo ablativo considera-se que a energia incidente inicial na superfície, proveniente dos fluxos térmicos por radiação, convecção e condução, é absorvida e então conduzida para dentro do material em velocidade que depende de

sua condutividade térmica (PULCI et al., 2010). Assim, tão logo a capacidade de absorção de calor pelo material seja excedida, ou seja, ultrapasse os limites de estabilidade térmica e física do material, inicia-se o processo de decomposição/degradação térmica do mesmo, como observado na Figura 2.

Essa degradação envolve processos endotérmicos que absorvem grande parte do calor incidente, impedindo-o de ser transportado para regiões mais internas do material. Os componentes orgânicos do material (resina termorrígida) são, então, pirolisados nessa fase, gerando voláteis (gases de pirólise) de composição variada e formando uma camada de carbono porosa ou resíduo carbonáceo. Na literatura a superfície de carbono poroso formada é denominada *char*. Essas mudanças físico-químicas provocam alterações nas propriedades termofísicas do material, fazendo com que sua superfície adquira características tipicamente isolantes e refratárias.

Os mecanismos de ablação provêm isolamento térmico suficiente para manter o interior do veículo, ou sistema, espacial a uma temperatura amena (100 °C), conforme gradiente apresentado na Figura 3.

1.1.2 Materiais reirradiantes

No caso em que o SPT é reirradiativo, parte da energia absorvida do fluxo externo é devolvida ao ambiente, sob a forma de radiação. Essa quantidade de energia devolvida pode ser estimada pela Lei de Stefan-Boltzmann, expressa pela Equação 1.

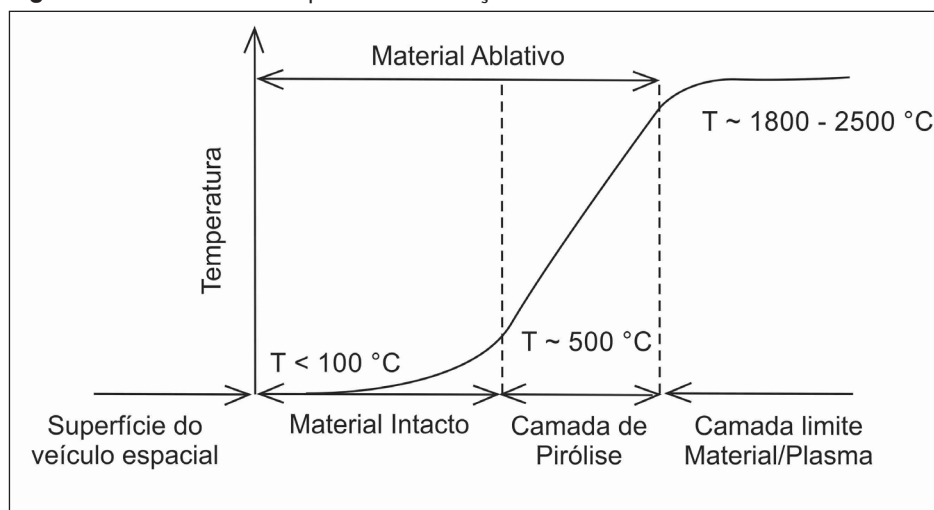
$$\dot{Q} = \sigma_{sb} \varepsilon T_w^4 \quad (1)$$

Onde \dot{Q} representa a energia reirradiada por unidade de tempo e por unidade de área, σ_{sb} a constante de Stefan-Boltzmann $5,67032 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$, ε a emissividade do material e T_w a temperatura absoluta do material (WITTMANN, 2009, p. 89).

Materiais utilizados em SPT reirradiativos possuem a característica de baixo desgaste por erosão, face às condições do fluxo incidente. Esses materiais são empregados em sistemas de proteção térmica reutilizáveis.

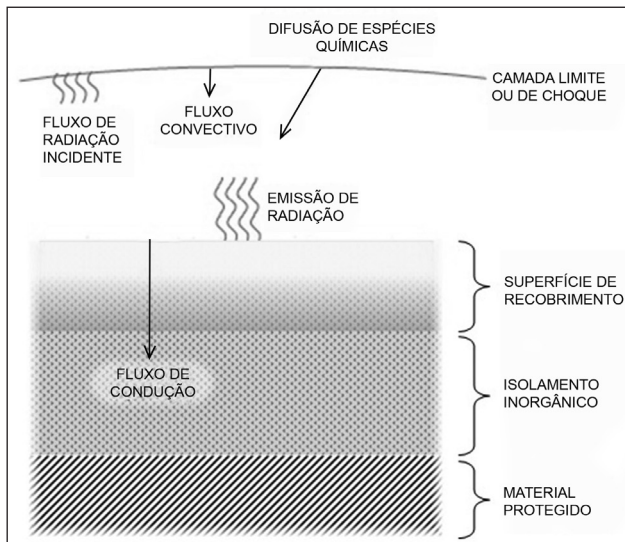
Conforme Figura 4, em um material reirradiativo, o fluxo de calor radiativo e convectivo resultante será significativamente reirradiado pela superfície de recobrimento aquecida, sendo o restante conduzido para o interior do material (um mecanismo mais simples que o dos materiais essencialmente ablativos). A vantagem desse sistema é a possibilidade de reutilização, pois a sua alta emissividade, que maximiza a quantidade de energia reirradiada, e a baixa catalisação da superfície, que minimiza o aquecimento convectivo, levam à supressão e recombinação das espécies dissociadas na camada limite com a superfície aquecida. Outra vantagem desse tipo de material é que o isolamento primário (geralmente inorgânico) tem baixa condutividade térmica, o que minimiza a massa de material necessária para isolar a estrutura protegida (LAUB; VENKATAPATHY, 2003).

Figura 3 - Gradiente de temperatura em função das camadas de um material ablativo.



Fonte: Silva (2009).

Figura 4 – Mecanismos de acomodação de calor dos materiais reirradiativos (reutilizáveis).



Fonte: Laub e Venkatapathy (2003).

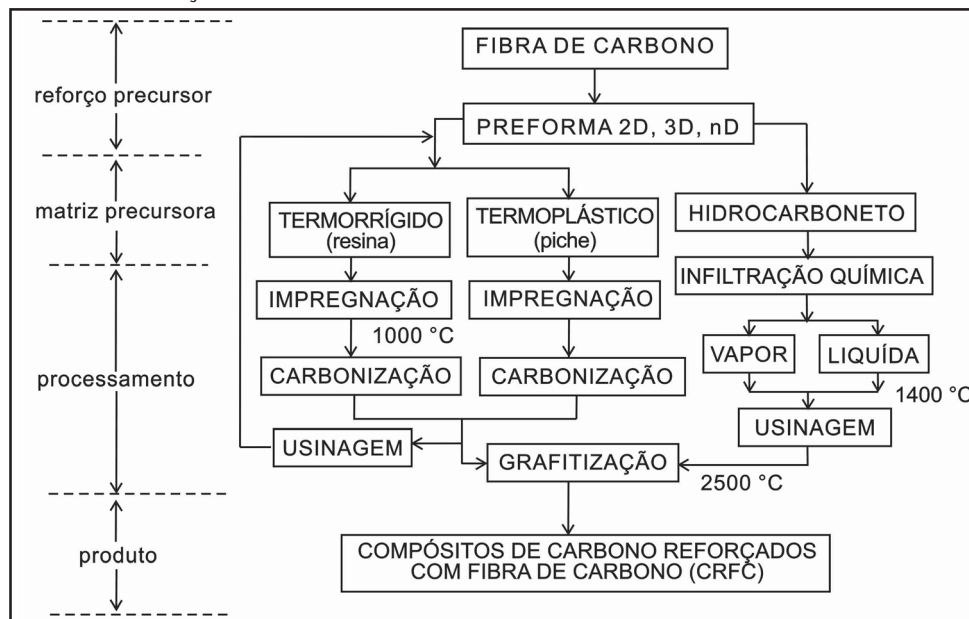
Nesta classe de materiais encontram-se os compósitos com matriz de carbono reforçados com fibras de carbono (CRFC), compósitos com matriz híbrida de carbono/carbeto de silício (C/SiC), e os compósitos de matriz e fibras de carbeto de silício (SiC/SiC) e os materiais cerâmicos covalentes, como ZrC, HfC e TaC, por exemplo, principalmente na forma de modificadores internos ou na forma de recobrimentos (LIUYANG; XING; YIGUANG, 2017; SILVA; PARDINI; BITTENCOURT, 2016; THIYAGARAJAN, 1996; YONG-JIE et al, 2013). Esses materiais possuem usualmente alta emissividade ($\epsilon > 0,8$), permitindo proteger estruturas por longo período de tempo.

Assim como outras estruturas de veículos espaciais, os SPT são obtidos com geometria adequada ao uso do componente, a exemplo do material de garganta de tubeira de veículos lançadores, como apresentado na Figura 1, cujas proteções térmicas estão localizadas na região de saída dos gases gerados pela queima de propelentes (garganta da tubeira).

No item 1.1 constatou-se que a região da garganta é submetida ao calor intenso dos gases oriundos da queima do propelente que se desloca em alta velocidade. O fluxo de gás e de partículas, oriundos da combustão do propelente, associado à geração e propagação de calor pela estrutura do inserto da garganta pode afetar as propriedades mecânicas e térmicas da mesma. Para suportar essas condições, utilizam-se SPT reirradiativos obtidos por compósitos de carbono reforçados com fibras de carbono (CRFC) multidirecionais (nD).

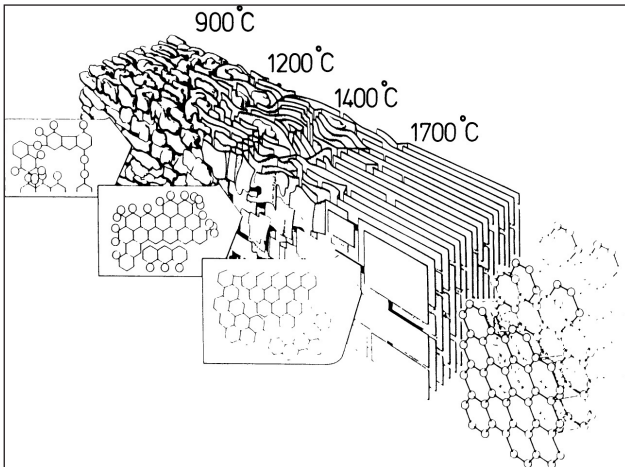
No caso de compósitos CRFC, por exemplo, os processos de obtenção podem ser por processos em fase líquida ou fase gasosa. O diagrama apresentado na Figura 5 mostra esquematicamente as rotas de processamento desses materiais. Pode-se verificar, na Figura 5, que se utilizam os compósitos CRFC por uma combinação do reforço precursor constituído de fibras de carbono, arranjados na forma de preformas (nD), com as matrizes precursoras de carbono, que podem ser oriundas de polímeros termorrígidos (resina), termoplásticos (piches) e gases hidrocarbonetos. As rotas de processamento, os precursores da matriz e do reforço são definidos com base nas propriedades finais e geometrias desejadas do componente a ser obtido. Na Figura 5, verifica-se que tanto a rota de processamento de compósitos CRFC com

Figura 5 – Diagrama esquemático simplificado das etapas de processamento de compósitos de carbono reforçados com fibra de carbono.



Fonte: Pardini e Gonçalves (2009).

Figura 7 – Ilustração da evolução da grafitação do piche a partir da pirólise.



Fonte: Marsch e Rodríguez-Reinoso (2006) e Savage (1993).

Em resumo, o tratamento térmico em fase sólida de resinas termorrígidas, como as resinas fenólicas, geram carbonos não grafitáveis, conseqüentemente, as propriedades termomecânicas não são satisfatórias para a maioria das aplicações. O uso de pressões elevadas de processo para materiais termorrígidos não altera o rendimento em carbono. Por outro lado, a pirólise em fase líquida de piches, resulta em carbonos altamente orientados e grafitáveis e com melhores propriedades termomecânicas, tendo o inconveniente da necessidade de ser efetuada a altas pressões, considerando que o rendimento, em carbono, de piches é função da pressão do processo (PARDINI; GONÇALVES, 2009; SAVAGE, 1993).

Nos processos em fase gasosa, denominados CVI/ infiltração química em fase gasosa *Chemical Vapour Infiltration* (CVI) ou *Chemical Vapour Deposition* (CVD), gases hidrocarbonetos, como metano, propileno e outros, com

alto conteúdo de carbono na molécula, bem como líquidos vaporizáveis, como o ciclohexano, querosene e outros, são submetidos a processo de decomposição térmica a temperaturas na faixa de 800 a 1200 °C, levando à deposição de carbono na preforma (PARDINI; GONÇALVES, 2009). Portanto, no método CVI, os reagentes gasosos infiltram-se na preforma, mantida a altas temperaturas, depositando o material da matriz sobre a estrutura da fibra por meio de reações de deposição química por vapor (CVD). À medida que a infiltração ocorre, os depósitos de CVD crescem continuamente para formar a matriz do compósito. O processo de CVI resulta na obtenção de material grafitável, denominado carbono pirolítico.

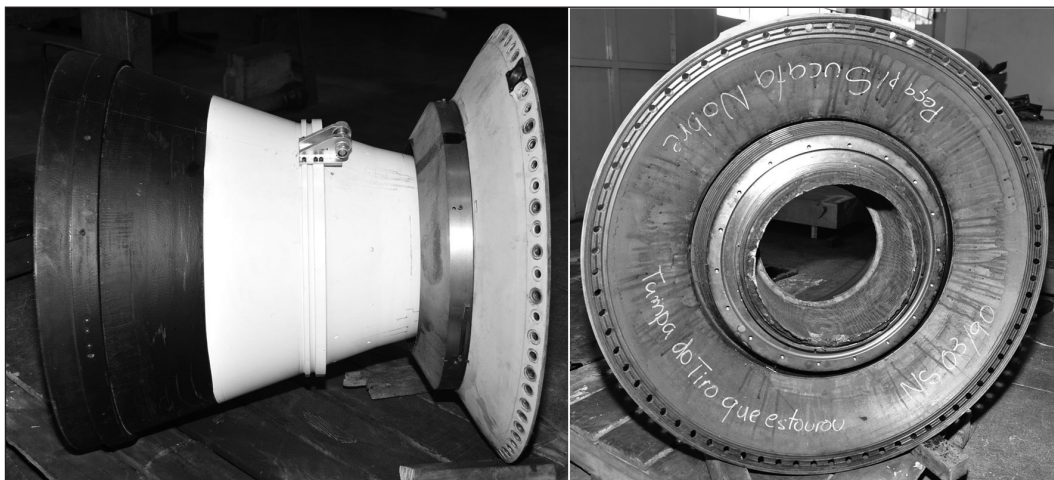
Foi utilizada para a análise no presente trabalho uma garganta de tubeira de foguete, manufaturada em compósito CRFC, utilizada no motor S43 do IAE, conforme a Figura 8.

As análises por estereomicroscopia, microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura foram realizadas em amostras retiradas do material compósito CRFC multidirecional nas regiões do convergente, garganta e divergente.

1.1.3 Estereomicroscopia

A justaposição dos termos gregos *stereo*, relativo a dois (duplo), e *scopos*, relativo à visão (observador), resulta no termo estereoscopia, que diz respeito à visualização de um mesmo foco por dois mecanismos de captação de imagens. Em linhas gerais, quando em seres humanos, diz-se que a imagem percebida pelo cérebro resulta da combinação de duas imagens captadas, uma em cada olho. Esse par de imagens recebe o nome de par estereoscópico (do inglês *stereo image pair*).

Figura 8 – Tubeira do motor S43.



Fonte: O autor.

Um estéreo é um microscópio óptico que funciona com aumentos de 10X a 90X ou até 180X com a adição de lentes suplementares opcionais. Ele funciona com o uso de dois microscópios completos, inclinados um em relação ao outro a um ângulo de 8 a 12 graus, dependendo do fabricante. Cada microscópio inclui uma objetiva, uma ocular e um sistema de construção, sendo esse último do tipo reflexivo ou do tipo refrativo. As duas objetivas e as duas oculares proporcionam aos olhos, ângulos de visão ligeiramente diferentes (Figura 9a). Em essência, os olhos esquerdo e direito visualizam o mesmo objeto, mas de uma maneira diferente. Muito parecido com o que acontece com os olhos humanos, esses dois ângulos de visão separados produzem uma imagem tridimensional, característica que o torna ideal para examinar superfícies de materiais sólidos. A iluminação é também diferente, se comparada a outros tipos de microscópios. Usa iluminação refletida ou episcópica para iluminar espécimes. Isso significa que ele utiliza luz, naturalmente refletida a partir do objeto. Isso é ideal quando se trata de amostras espessas ou opacas. O equipamento é apresentado na Figura 9b.

1.2 Microscopia Óptica (MO)

A análise por microscopia óptica permite a avaliação de seções do material, possibilitando visualizar o arranjo das fibras e a existência de defeitos, como poros, inclusões e microtrincas. Os materiais de carbono são geralmente observados por meio de reflexão com auxílio de um microscópio óptico, devido a seus altos coeficientes de

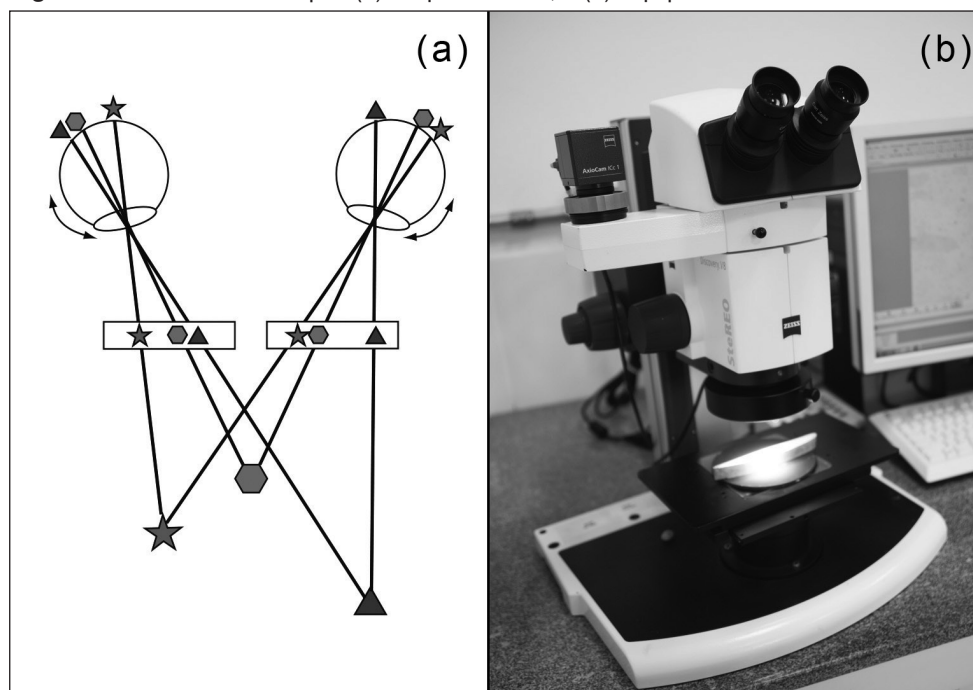
absorção em comprimentos de onda visíveis. Por isso, a maioria dos estudos ópticos em compósitos CRFC usam a reflexão em amostras polidas (SAVAGE, 1993). A técnica de microscopia óptica consiste em caracterizar os materiais por meio da observação da imagem gerada pela interação de um feixe de luz colimado com a superfície polida da amostra. O sinal gerado pela interação entre a fonte e a amostra passa por um sistema óptico para a obtenção de uma imagem que é coletada, armazenada e posteriormente interpretada.

1.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) é uma técnica de análise que amplia as dimensões da amostra para visualização de suas estruturas e topografia de sólidos. Diferente da microscopia óptica, que utiliza uma fonte de luz (fótons) para a observação da imagem, o MEV utiliza uma fonte de elétrons aumentando a resolução das imagens. Uma característica importante do MEV é a aparência tridimensional da imagem das amostras. Permite, também, o exame em pequenos aumentos e com grande profundidade de foco, o que é extremamente útil, pois a imagem eletrônica complementa a informação dada pela imagem óptica (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

O princípio do MEV baseia-se na focalização de um feixe de elétrons que passa por uma coluna sob vácuo, atravessando uma série de lentes eletromagnéticas (bobinas) para colimação do feixe e focagem numa determinada região da amostra.

Figura 9 – Estereomicroscópio. (a) Esquema ótico; e (b) Equipamento.



Fonte: Russ (2011).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A avaliação **pós-queima** do material do inserto da tubeira do motor S43 foi realizada aplicando-se técnicas de análise microscópica após o ensaio de queima do motor. O propelente sólido utilizado no motor S43 é do tipo compósito com elevado teor de sólidos que resulta em gases a elevadas temperaturas. A resina utilizada é o polibutadieno hidroxilado, misturada com alumínio em pó e perclorato de amônio.

Estereomicroscopia, Microscopia Ótica (MO) e a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foram utilizadas para caracterização e também para avaliação de danos decorrentes da queima à superfície dos corpos de prova em estudo.

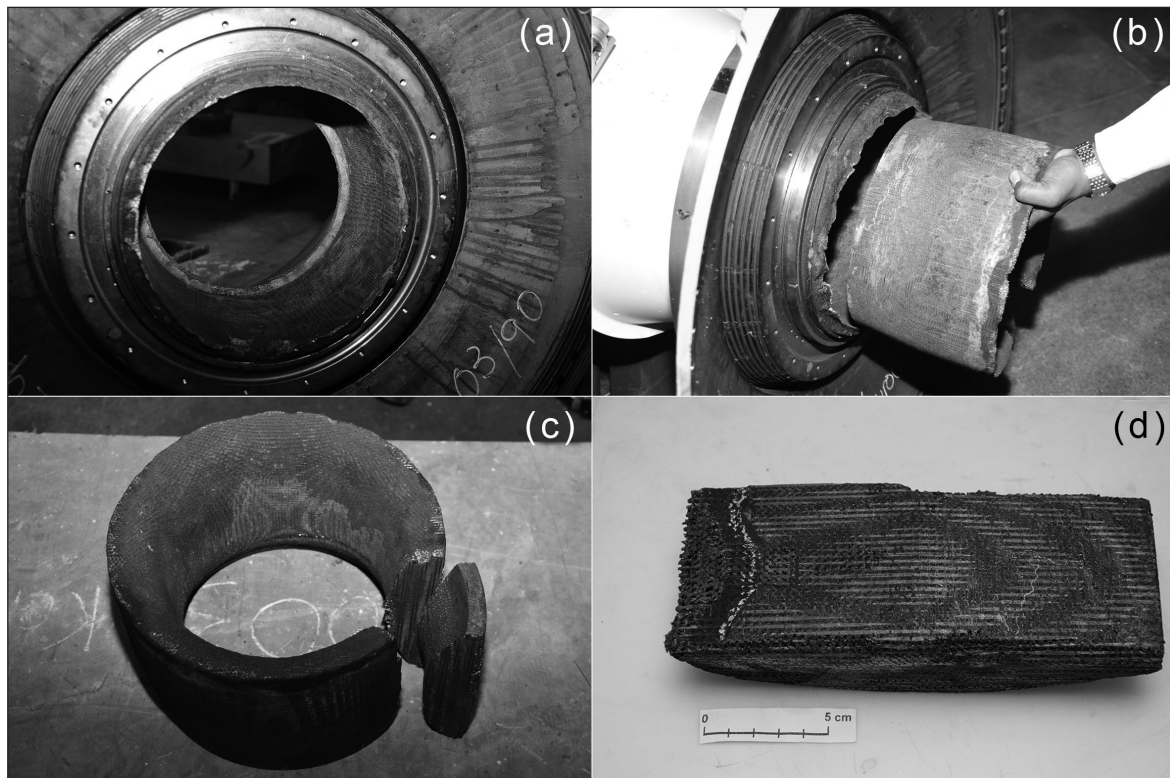
2.1 Materiais

Foram avaliadas amostras do material compósito CRFC nas regiões do convergente, garganta e divergente. O processo para obtenção das amostras seguiu as etapas descritas nos itens 2.1.1 e 2.1.2.

2.1.1 Retirada das amostras da tubeira do S43 para análise

A retirada do inserto da tubeira foi realizada conforme as Figuras 10a a 10d. Observa-se na Figura 10a que o inserto/proteção térmica está montado na tubeira do motor S43; na Figura 10b o inserto é extraído da estrutura; na Figura 10c a retirada de uma seção do inserto para análise; e na Figura 10d amostra do inserto que foi retirada para análise.

Figura 10 – Retirada da amostra do inserto/proteção térmica da tubeira do S43. (a) Proteção térmica montada na tubeira do motor S43; (b) Proteção térmica sendo extraída da estrutura; (c) Retirada de uma seção longitudinal para análise; (d) Detalhe da amostra retirada para análise.



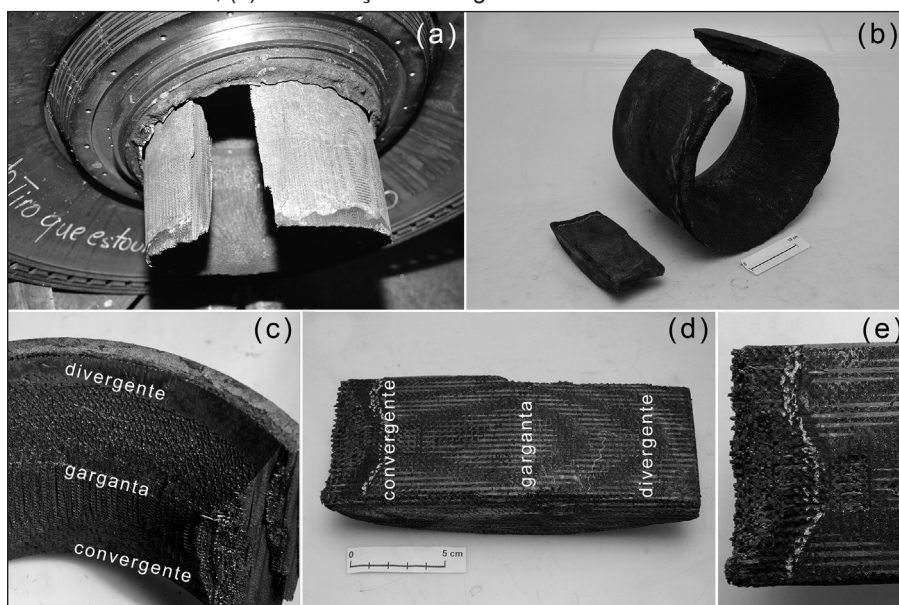
Fonte: O autor.

2.1.2 Subdivisão e identificação da amostra SPT da tubeira do S43

Na Figura 11a tem-se que do inserto/proteção térmica montado na tubeira do motor S43 foi retirada uma amostra para análise. Na Figura 11b tem-se uma imagem à esquerda da amostra e à direita do inserto apresentado na Figura 11a. Para

caracterização da amostra apresentada na Figura 10d e na Figura 11b, identificaram-se, tanto no inserto, Figura 11c, quanto na amostra, Figura 11d, as três regiões internas do inserto (convergente, garganta e divergente). Na Figura 11e tem-se uma imagem ampliada dos efeitos ablativos do jato térmico proveniente da queima do propelente no convergente da proteção térmica.

Figura 11 – Identificação das regiões da proteção térmica. (a) Amostra para análise; (b) Região interna da proteção; (c) Detalhe da região convergente; (d) Amostra retirada da tubeira do motor; (e) Identificação das regiões do material do inserto.



Fonte: O autor.

2.1.3 Processo de corte da amostra

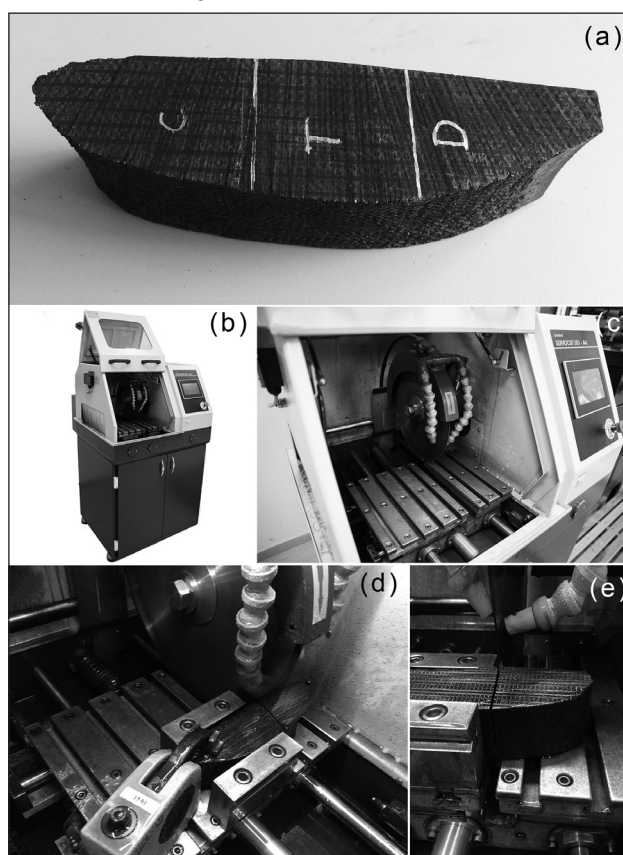
Convencionou-se no processo de corte/subdivisão da proteção térmica da amostra do inserto do S43, Figura 12a, identificá-la com as letras **C**, **T** e **D**, designando-se respectivamente, o convergente, garganta e divergente. Nas Figuras 12b e 12c tem-se o posicionamento da amostra na serra SERVOCUT mod. 301-AA da METKON e, nas Figuras 12d e 12e, o corte.

Após a separação da região do convergente **C** da amostra, identificada na Figura 12a, procedeu-se ao corte que permitiu separar as amostras da região da garganta **T** e do divergente **D**, Figura 13a. Finalizada a operação de corte, as três amostras foram secas em estufa à temperatura de 70 °C por 30 min, conforme apresentado na Figura 13b.

Para sistematizar a análise realizou-se, após a secagem das três amostras, uma identificação em quadrantes, conforme a Figura 14a, em perspectiva, e Figura 14b, numa imagem superior da amostra.

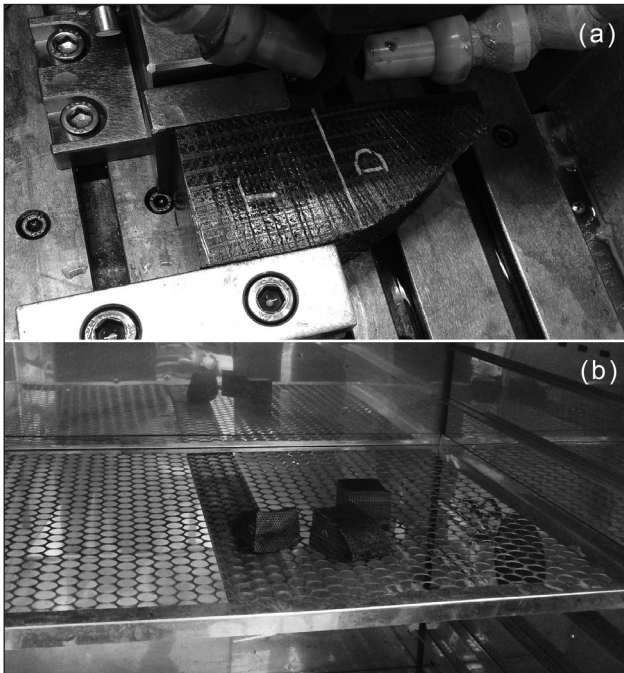
Observou-se, entretanto, a necessidade de realizar um corte adicional ao longo da espessura das amostras para obter-se uma superfície plana e com dimensões adequadas a montagem no porta-amostra do microscópio.

Figura 12 – Corte da amostra. (a) Identificação para corte; (b) Equipamento utilizado; (c) Compartimento no equipamento de fixação e corte da amostra; (d) e (e) Fixação e corte do convergente **C** da amostra.



Fonte: O autor.

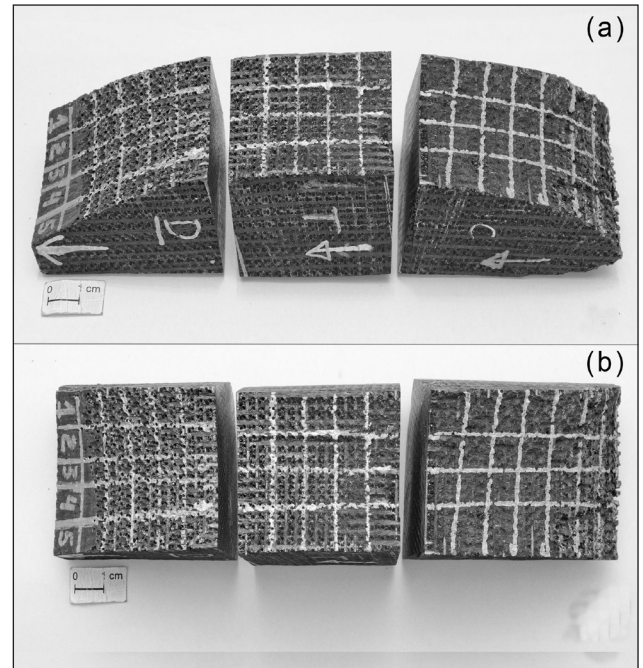
Figura 13 – Amostras. (a) Corte final da amostra; (b) Secagem em estufa.



Fonte: O autor.

Na Figura 15a tem-se uma imagem, em perspectiva, da amostra do divergente **D**, garganta **T** e convergente **C**. Na Figura 15b, uma imagem superior das amostras

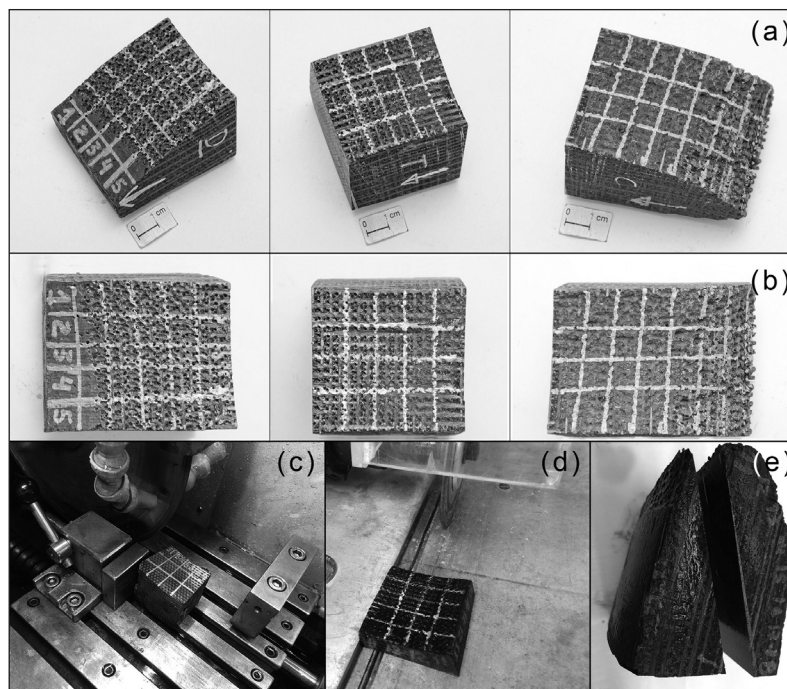
Figura 14 – Demarcação em quadrantes da amostra. (a) Imagem em perspectiva; (b) Vista superior.



Fonte: O autor.

apresentadas na Figura 15a. Na Figura 15c, tem-se o corte longitudinal da região da garganta, e na Figura 15d, a seção obtida após seccionamento da amostra da

Figura 15 – Corte da amostra da garganta **T**, do divergente **D** e convergente **C**. (a) Imagem em perspectiva da garganta; (b) Vista superior; (c) Corte da amostra da garganta ao meio; (d) Amostra obtida da garganta; (e) Amostras do divergente e convergente; (f) Amostra obtida do convergente.



Fonte: O autor.

garganta. Na Figura 15e tem-se a amostra do convergente **C**, que foi também submetida a um corte angular para obter-se uma superfície plana.

3 CONCLUSÃO

Foram apresentados conceitos fundamentais de materiais de proteção térmica para veículos lançadores. Essas proteções térmicas são internas ou externas ao veículos e são constituídas de materiais ablativos, representados pelos compósitos poliméricos ou por materiais reirradiativos, representados pelos compósitos termoestruturais.

Foi analisada uma garganta de tubeira de foguete manufaturada em compósito CRFC, componente do veículo S43 do IAE/DCTA. Essa proteção térmica, interna ao veículo lançador, pode apresentar características ablativas e reirradiativas.

Os procedimentos referentes à extração do inserto de compósito CRFC, do motor S43, foram sistematizados. A estratégia de análise do material foi

conduzida mediante corte do inserto em três seções correspondentes a região convergente, divergente e da garganta (seção crítica).

As análises foram realizadas por estereoscopia e microscopia ótica.

As análises vão indicar as características de erosão e sistematizar o procedimento de análise do comportamento do material, frente às condições de operação a serem apresentadas na Parte II do trabalho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Divisão de Mecânica (AME), a Divisão de Materiais (AMR) e à Divisão de Integração e Ensaio (AIE) do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE). À primeira, pela disponibilização do inserto; à segunda, pela disponibilização de equipamentos na preparação das amostras para a análise; à última pelo apoio técnico do militar 1S Wandeclyt Martins de Melo na preparação das figuras que compõe o acervo do Laboratório de Registro de Imagens.

REFERÊNCIAS

- BENTO, M. S. **Estudo cinético da pirólise de precursores de materiais carbonosos**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos: ITA. 215 p. Disponível em: http://www.bdita.bibl.ita.br/tesesdigitais/lista_resumo.phpnum_tese=000530317. Acesso em: 6 jul. 2018.
- DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.
- FITZER, E.; MANOCHA, L. M. **Carbon reinforcements and carbon/carbon composites**. Berlin: Springer-Verlag, 1988. 343 p.
- GONÇALVES, A. **Caracterização de materiais termoestruturais a base de compósitos de carbono reforçados com fibras de carbono (CRFC) e carbonos modificados com carbeto de silício (SiC)**. 2008. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e Aeronáutica. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos: ITA. 226 p. Disponível em: http://www.bdita.bibl.ita.br/tesesdigitais/lista_resumo.php?num_tese=000549057. Acesso em: 6 jul. 2018.
- GRIFFITHS; J.A.; MARSH, H. **Proceedings of 15th Biennial Conf. on Carbon**. University of Pennsylvania, Philadelphia, USA, 1981. p. 22-26.
- JENKINS, G. M.; KAWAMURA, K. **Polymeric carbon: carbon fibre, glass and char**. Cambridge: Cambridge University Press, 1976.
- LAUB, B.; VENKATAPATHY, E. Thermal protection system technology and facility needs for demanding future planetary missions. In: INTERNATIONAL WORKSHOP PLANETARY PROBE ATMOSPHERIC ENTRY AND DESCENT TRAJECTORY ANALYSIS AND SCIENCE. **Proceedings...** Noordwijk: ESA Publications Division, 2003.
- LEVY NETO; F.; PARDINI, L.C. **Compósitos estruturais: ciência e tecnologia**. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2016. 418 p.
- LIUYANG, D.; XING Z.; YIGUANG, W. Comparative ablation behaviors of C/SiC-HfC composites prepared by reactive melt infiltration and precursor infiltration and pyrolysis routes. **Ceramics International**, 43, p. 16114–16120, 2017.
- MARSH, H.; RODRÍGUEZ-REINOSO, F. **Activated carbon**. Amsterdam: Elsevier, 2006.
- PALMERIO, A. F. **Introdução à tecnologia de foguetes**. São José dos Campos, SP: SindCT, 2017.
- PARDINI, L.C.; GONÇALVES, A. Processamento de compósitos termoestruturais de carbono reforçado com fibras de carbono. **Journal of Aerospace Technology and Management**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 231-241, jul. - dez. 2009.
- PULCI, G., et al. Carbon–phenolic ablative materials for re-entry space vehicles: manufacturing and properties, **Composites A** 41, p. 1483–1490, 2010.
- RAND, B. **Matrix precursors for carbon-carbon composites**, Essentials Carbon-Carbon Composites, Chap.3, Royal Soc. of Chemistry, London, UK, 1993. p. 67–102.
- RUSS, J. C. **The Image Processing Handbook**. Sixth Ed, CRC Press, 2011. p.70.
- SAVAGE, G. **Carbon/carbon composites**. London: Chapman & Hall, 1993. 389 p.
- SILVA, H. P.; PARDINI, L.C.; BITTENCOURT, E. Shear properties of carbon fiber/phenolic resin composites heat treated at high temperatures. **Journal of Aerospace Technology and Management** 8, n.3, p. 363-372, 2016.
- SILVA, W. G. **Qualificação de materiais utilizados em sistemas de proteção térmica para veículos espaciais**. Tese (Mestrado em Física dos Plasmas) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, 2009. 112 p. Disponível em: http://www.bdita.bibl.ita.br/tesesdigitais/lista_resumo.php?num_tese=000555112. Acesso em: 6 jul. 2018.
- SOHDA, Y.; SHINAGAWA, M.; ISHII, M. Effect of carbonization pressure on carbon yield in a unit volume. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 30, n. 4, p. 503-506, Apr. 1999.
- SUTTON, G. P. **Rocket propulsion elements**. 8. Ed. New York: Wiley, 1992.
- THIYAGARAJAN, N. **Processing and characterization of reaction formed SiC - based ceramic matrix composites**. Madras: Anna University, 1996.
- WITTMANN; K.; Fundamentals. In: WILFRIED L, WITTMANN K, HALLMANN W. (Ed.). **Handbook of Space Technology**. United Kingdom: John Wiley and Sons, 2009. p. 33-113.
- YONG-JIE, W. et al. Ablation behavior of a TaC coating on SiC coated C/C composites at different temperatures, **Ceramics International**, 39, p. 359–365, 2013.
- YOUNG-JAE L.; HYEOK JONG J. Investigation on ablation behavior of CFRC composites prepared at different pressure. **Composites: Part A** 35,1285–1290, 2004.

Afterburner microscopic analysis of the nozzle insert material of the solid propellant rocket engine: theoretical conception (Part I)

Análisis microscópico post-queima del material del inserto de la tubería de motor-cohete a propelente sólido: concepción teórica (Parte I)

Análise microscópica pós-queima do material do inserto da tubeira de motor foguete a propelente sólido:conceituação teórica (Parte I)

Ronald Izidoro Reis^I

Wilson Kiyoshi Shimote^{II}

Luiz Cláudio Pardini^{III}

ABSTRACT

This work presents a study conducted in the Materials Division (AMR), subordinated to the Institute of Aeronautics and Space (*Instituto de Aeronáutica e Espaço - IAE*), organization of the Department of Aerospace Science and Technology (DCTA), to investigate the microstructural behavior of carbon/carbon composite based material used as heat shield/insert in nozzle throat of rockets. These systems are subjected to an intense heat flow from the gases at high speed, which lead to the ablation phenomenon in the nozzle regions in solid propulsion engines of S43 vehicles, for example. Ablation is an erosive phenomenon that occurs in regions of the thermal protection system and whose material is removed by thermomechanical, thermochemical and thermophysical or combined influences. Thus, in order to maintain the integrity of the nozzle, materials such as Thermal Protection Systems (TPS) are used. The materials for thermal protection can be classified, according to the predominant mechanism of protection, in ablative and reirradiant. Most of the ablative materials are composites reinforced with structural fibers (silica or carbon, for example) and bonded with organic thermo rigid resins and the class of reirradiant materials include carbon mesh thermostructural composites reinforced with carbon fibers

(CRFC), composites with silicon carbon/silicon carbide (C/SiC) hybrid mesh, and the silicon carbide mesh and fibers composites (SiC/SiC) and covalent ceramic materials such as ZrC, HfC and TaC, for example, mainly in the form of internal modifying materials or as coatings. The preparation of the samples and concepts related to the materials are presented as part I of the work and the assessment of the microstructural behavior of the S43 engine will be performed by stereomicroscopy, Optical Microscopy (MO) and Scanning Electron Microscopy (SEM), as part II.

Keywords: Nozzle insert. Rocket engine. Solid propulsion. CRFC insert.

RESUMEN

El presente trabajo presenta un estudio conducido en la División de Materiales (AMR), subordinada al Instituto de Aeronáutica y Espacio (IAE), organización del Departamento de Ciencia y Tecnología Aeroespacial (DCTA), para investigar el comportamiento microestructural del material a base de compuesto carbono/carbón utilizado como protección térmica/inserto en la garganta de los tubos de cohete. Estos sistemas se someten a un flujo intenso de calor proveniente de los gases de alta velocidad, que llevan

I. Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) – São José dos Campos/SP – Brazil. PhD in Metallurgical Engineering and Materials, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). E-mail: ronaldrir@fab.mil.br

II. Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) – São José dos Campos/SP – Brazil. Doctor in *Sciences et Ingénierie en Matériaux, Mécanique, Energétique et Aéronautique* pela *École Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique* – France. E-mail: wilsonwks@fab.mil.br

III. Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) – São José dos Campos/SP – Brazil. Doctor in Materials Science and Engineering by *University of Bath* – England. E-mail: pardinilcp@fab.mil.br

Received: 08/22/18

Accepted: 11/13/18

The acronyms and abbreviations contained in this article correspond to the ones used in the original article in Portuguese.

al fenómeno de ablación en las regiones de la tubería en motores a propulsión sólida de vehículos S43, por ejemplo. La ablación es un fenómeno erosivo que ocurre en regiones del sistema de protección térmica y cuyo material es removido por influencias termomecánicas, termoquímicas y termofísicas o combinadas. Así, para mantener la integridad de la tobera, se utilizan materiales como Sistemas de Protección Térmica (SPT). Los materiales para protección térmica pueden clasificarse, según el mecanismo predominante de protección, en ablativos y reirradiantes. La mayoría de los materiales ablativos son compuestos reforzados con fibras estructurales (sílice o carbono, por ejemplo) y unidos con resinas termorregidas orgánicas y, en la clase de materiales reirradiantes, se encuentran los composites termoestructurales con matriz de carbono, reforzados con fibras de carbono (CRFC), compuestos con matriz híbrida de carbono/carburo de silicio (C/SiC), y los compuestos de matriz y fibras de carburo de silicio (SiC/SiC) y los materiales cerámicos covalentes, como ZrC, HfC y TaC, por ejemplo, principalmente en forma de materiales modificadores internos o como recubrimientos. La preparación de las muestras y concepciones inherentes a los materiales se presenta como parte I del trabajo y la evaluación del comportamiento microestructural del motor S43 será realizada por estéreo microscopía, Microscopía Óptica (MO) y Microscopía Electrónica de Barrido (MEV), será presentada, en trabajo futuro, como parte II.

Palabras clave: Inserto de la tobera. Motor-cohete. Propulsión sólida. Inserto de CRFC.

RESUMO

O presente trabalho apresenta estudo conduzido na Divisão de Materiais (AMR), subordinada ao Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), organização do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), para investigar o comportamento microestructural do material a base de compósito carbono/carbono usado como proteção térmica/inserto em garganta de tubeira de foguetes. Esses sistemas são submetidos a um fluxo intenso de calor proveniente dos gases em alta velocidade, que levam ao fenômeno de ablação nas regiões da tubeira em motores a propulsão sólida de veículos S43, por exemplo. A ablação é um fenômeno erosivo que ocorre em regiões do sistema de proteção térmica e cujo material é removido por influências termomecánicas, termoquímicas e termofísicas ou combinadas. Assim, para manter a integridade da tubeira, utilizam-se materiais como Sistemas de Proteção Térmica (SPT). Os materiais para proteção térmica podem ser classificados, conforme o mecanismo predominante de proteção, em ablativos e reirradiantes. A maioria dos materiais ablativos são compósitos

reforçados com fibras estruturais (sílica ou carbono, por exemplo) e unidos com resinas termorrígidas orgánicas e, na classe de materiais reirradiantes, encontram-se os compósitos termoestructurais com matriz de carbono, reforçados com fibras de carbono (CRFC), compósitos com matriz híbrida de carbono/carbeto de silício (C/SiC), e os compósitos de matriz e fibras de carbeto de silício (SiC/SiC) e os materiais cerámicos covalentes, como ZrC, HfC e TaC, por exemplo, principalmente na forma de materiais modificadores internos ou como recobrimientos. A preparação das amostras e conceituações inerentes aos materiais são apresentadas como parte I do trabalho e a avaliação do comportamento microestructural do motor S43 será realizada por estéreo microscopia, Microscopia Ótica (MO) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), será apresentada, em trabalho futuro, como parte II.

Palavras-chave: Inserto da tubeira. Motor-foguete. Propulsão sólida. Inserto de CRFC.

1 INTRODUCTION

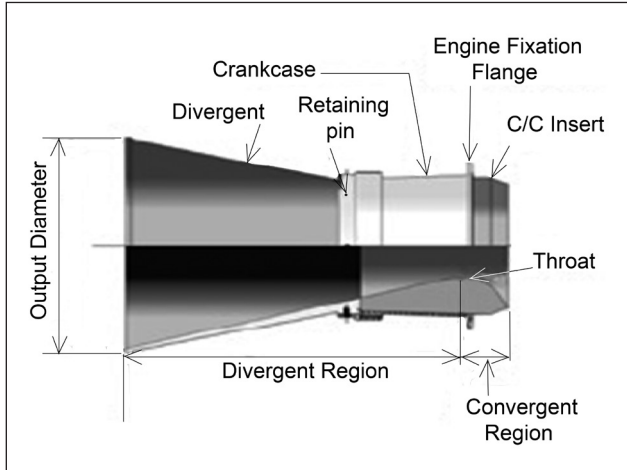
The rocket engines used in satellite launch vehicles and suborbital rockets, developed at the Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), have chemical propulsion systems, where there is combustion reaction of the propellant, either solid, liquid or hybrid. Thus, following the classical concept, the production of thermal energy, in the form of gases, occurs under high temperature and pressure. The gases generated in the combustion chamber are ejected by the nozzle where the thermal energy is converted into kinetic energy, resulting in thrust for the rocket propulsion (SUTTON, 1992).

1.1 Nozzle

According to Palmerio (2017: 73), the choice of materials and the design of the internal geometric profile of the nozzle are essential for the flow and expansion of the gases from the burning of the propellant to be efficient for thrust generation of the launch vehicle. It is not enough that gases are produced and released. In order to be able to induce high speed to the rocket, it is necessary to accelerate the gases produced so that they reach high speeds in the output section. In order to achieve this effect, the carbon mesh composite insert, reinforced with carbon fibers (CRFC) (Figure 1), a nozzle component, has a convergent region inside it, which initiates the acceleration process, another divergent one, in which the gases are expanded to supersonic velocity (Mach number > 1) until ejection through the output section. At the transition between the convergent and divergent regions, the critical section

called throat, which has the smallest diameter and in which section the gases reach the sonic velocity (Mach number = 1). Figure 1 schematically illustrates a nozzle assembly of a typical rocket engine used in launch vehicles for suborbital missions.

Figure 1 – Nozzle assembly of a launch vehicle.



Source: Palmerio (2017).

The crankcase, shown in Figure 1, has the following functions:

- i) fixing of the nozzle to the engine envelope through a flange;
- ii) receptacle of the insert with a slightly conical inner surface in order to avoid expulsion of the insert due to the passage of gases through the nozzle; and
- iii) mechanical resistance to resist the internal pressure in the divergent region.

Palmerio (2017) also mentions that the region of the throat insert is exposed to an intense heat flow from the gases at high speed. To resist these conditions, materials with special characteristics that will form a thermal protection barrier are used, providing enough insulation to maintain the temperature and integrity of the metal crankcase structure and the launch vehicle as a whole.

According to Silva (2009), in general, materials of different characteristics are used in Thermal Protection Systems (TPS) in the aerospace industry with specific properties, such as low specific mass, high mechanical strength and high melting point. Each type of material is used according to its characteristics for the thermal protection of the nozzle. These materials can be classified, according to the predominant mechanism of thermal protection, in: ablatives or reirradiants.

1.1.1 Ablative Materials

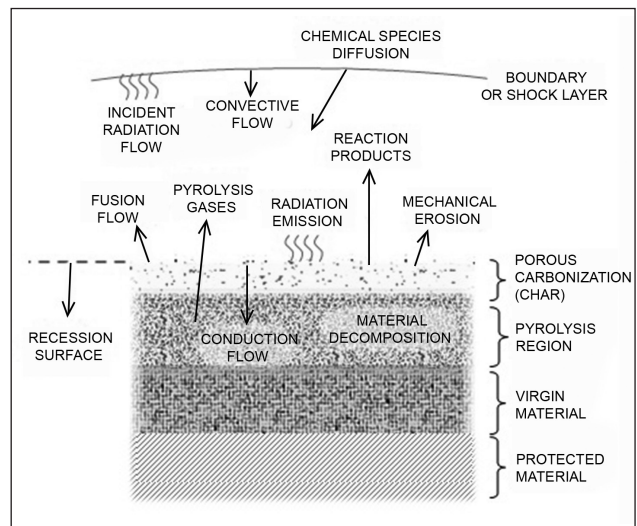
Ablative materials are used as a practical method to alleviate extreme aerodynamic heating conditions

occurring during reentry of space systems in the atmosphere as well as in the high-velocity flow of the exhaust gases from the propellants. In this TPS the thermal energy dissipation occurs due to the loss of mass and the change of the phase of the material. Its main characteristics are high temperature thermal resistance, erosion resistance, thermal shock and impact, as well as low thermal conductivity and high specific heat (SILVA, 2009).

The TPSs that use ablative materials are the simplest and consist of the external covering of the vehicle by means of a shield with great thermal capacity to resist the intense heat flow emanated from the kinetic energy loss in ballistic trajectory in the atmospheric reentry, and whose heating rates and deceleration are very intense in a short period of time.

The predominantly ablative composites are materials reinforced with structural fibers (silica, quartz or carbon) and bonded with organic thermo rigid resins, usually phenolic resins (LAUB; VENKATAPATHY, 2003). When heated, the pyrolysis of the thermo rigid mesh (resin) occurs, which converts to porous carbon on the surface of the material and tends to create a gas layer close to that surface with a lower temperature than the temperature of the external gas from the flow of high enthalpy. The gases flow towards the hot surface and end up being injected into the boundary layer, as shown in Figure 2.

Figure 2 – Heat accommodation mechanisms of ablative materials.



Source: Pulci et al. (2010).

In the ablative process, it is considered that the initial incident energy at the surface coming from

the thermal flows by radiation, convection and conduction is absorbed and then conducted into the material at a rate that depends on its thermal conductivity (PULCI et al., 2010). Thus, as soon as the heat absorption capacity of the material is exceeded, in other words, it exceeds the limits of thermal and physical stability of the material, the thermal decomposition/degradation process of the material begins, as observed in Figure 2.

This degradation involves endothermic processes that absorb much of the incident heat, preventing it from being transported to more internal regions of the material. The organic components of the material (thermo rigid resin) are then pyrolyzed at this stage, generating volatiles (pyrolysis gases) of varied composition and forming a layer of porous carbon or carbonaceous residue. In the literature the porous carbon surface formed is called char. These physicochemical changes cause alterations in the thermophysical properties of the material, causing its surface to acquire typically insulating and refractory characteristics.

The ablation mechanisms provide sufficient thermal insulation to maintain the interior of the vehicle, or system, space at a mild temperature (100 °C), according to the gradient shown in Figure 3.

1.1.2 Reirradiant materials

In the case where the TPS is reirradiant, part of the energy absorbed from the external flow is returned to the environment in the form of

radiation. This amount of energy returned can be estimated by the Stefan-Boltzmann Law, expressed by Equation 1.

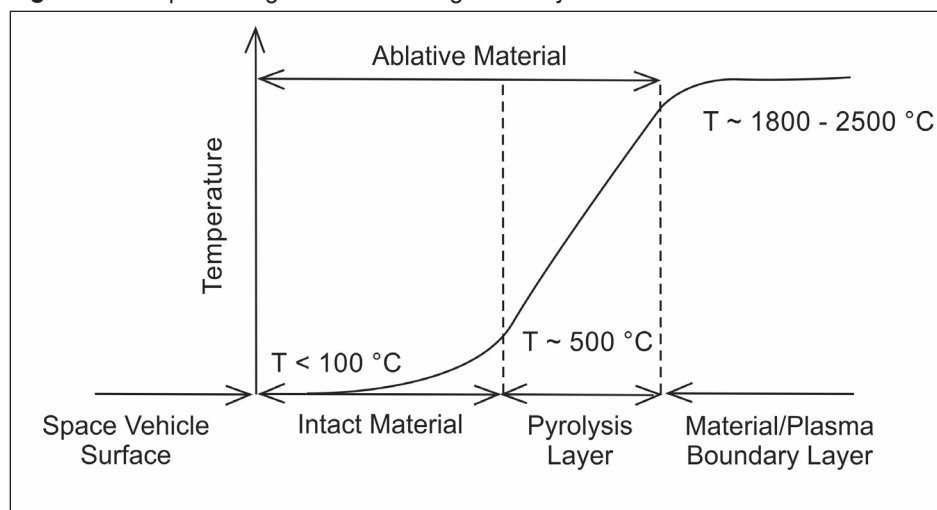
$$\dot{Q} = \sigma_{sb} \epsilon T_w^4 \quad (1)$$

Where \dot{Q} represents the reirradiated energy per unit of time and per unit of area, σ_{sb} is the Stefan-Boltzmann constant $5,67032 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$, ϵ the emissivity of the material and T_w the absolute temperature of the material (WITTMANN, 2009, p. 89).

Materials used in reirradiant TPSs have the characteristic of low erosion wear, given the incident flow conditions. These materials are used in reusable thermal protection systems.

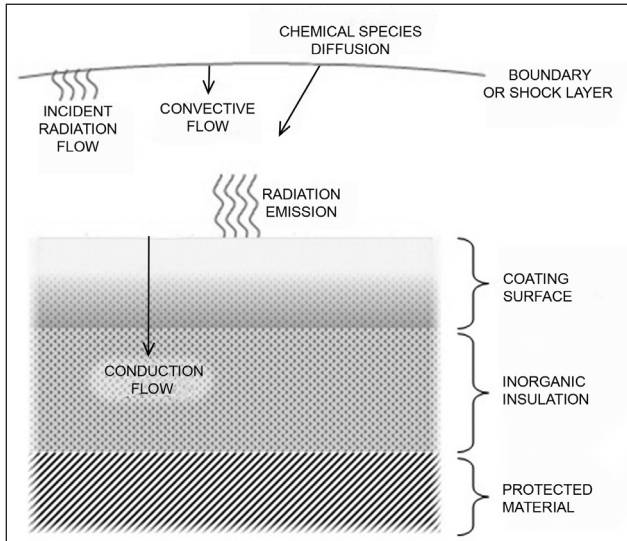
According to Figure 4, in a reirradiant material, the resulting radiative and convective heat flow will be significantly reirradiated by the heated coating surface, the rest being conducted into the material (a simpler mechanism than that of the essentially ablative materials). The advantage of this system is the possibility of reuse, since its high emissivity, which maximizes the amount of reirradiated energy, and the low surface catalysis that minimizes the convective heating, lead to the suppression and recombination of the dissociated species in the boundary layer with heated surface. Another advantage of this type of material is that the primary insulation (usually inorganic) has a low thermal conductivity, which minimizes the mass of material needed to isolate the protected structure (LAUB; VENKATAPATHY, 2003).

Figure 3 - Temperature gradient according to the layers of an ablative material.



Source: Silva (2009).

Figure 4 – Mechanisms of heat accommodation of reirradiant materials (reusable).



Source: Laub and Venkatapathy (2003).

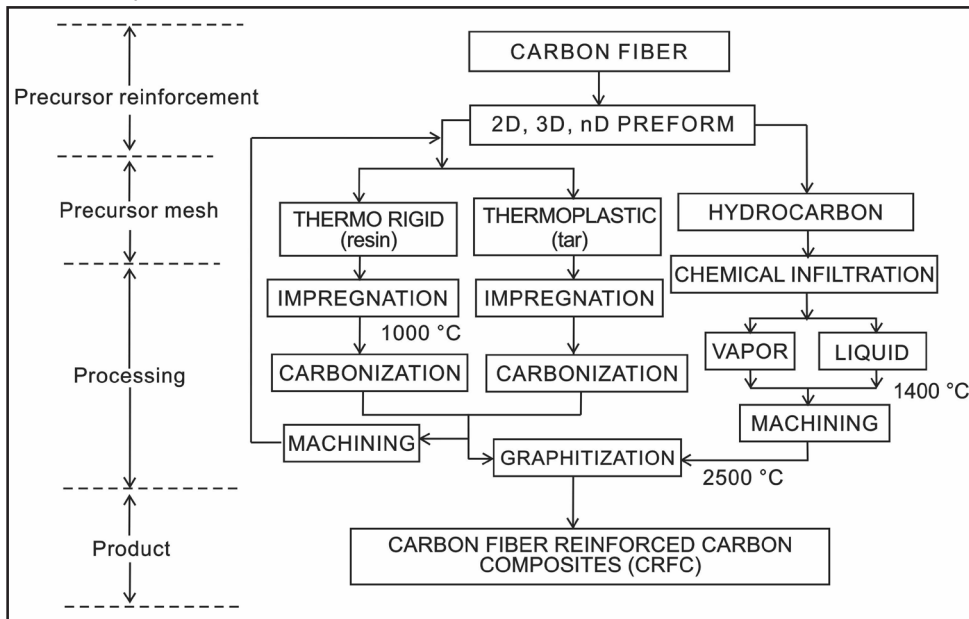
This class of materials includes carbon fiber reinforced carbon composites (CRFCs), composites with carbon/silicon carbide hybrid mesh (C/SiC), and mesh composites and silicon carbide fibers composites (SiC/SiC) and covalent ceramic materials, such as ZrC, HfC and TaC, for example mainly in the form of internal modifiers or in the form of coatings (LIUYANG; XING; YIGUANG, 2017; SILVA; PARDINI; BITTENCOURT, 2016; THIYAGARAJAN, 1996; YONG-JIE et al, 2013). These materials usually have high emissivity ($\epsilon > 0.8$), allowing to protect structures for long period of time.

Like other space vehicles structures, TPSs are obtained with geometry suitable for use of the component, for example the launch vehicle nozzle throat material, as shown in Figure 1, whose thermal protections are located in the output region of the gases generated by burning propellants (nozzle throat).

In item 1.1 it was verified that the region of the throat is submitted to the intense heat of the gases originating from the burning of the propellant that moves at high speed. The gas and particulate flow from the propellant combustion associated with the generation and propagation of heat by the structure of the throat insert can affect the mechanical and thermal properties of the throat. To resist these conditions, reirradiant TPSs obtained by multi-directional (nD) carbon fiber reinforced carbon (CRFC) composites are used.

In the case of CRFC composites, for example, the production processes may be either by liquid phase or gas phase processes. The diagram shown in Figure 5 schematically presents the processing routes of these materials. It can be seen in Figure 5 that the CRFC composites are used by a combination of the precursor reinforcement consisting of carbon fibers, arranged in the form of preforms (nD), with the precursor carbon meshes, which may be derived from thermo rigid polymers (resin), thermoplastics (tars) and hydrocarbon gases. The processing routes, mesh precursors and the reinforcement are defined based on the final properties and desired geometries of the component to be obtained. In Figure 5, it can be seen that both the processing route of CRFC

Figure 5 – Simplified schematic diagram of the processing steps of carbon fiber reinforced carbon composites.



Source: Pardini and Gonçalves (2009).

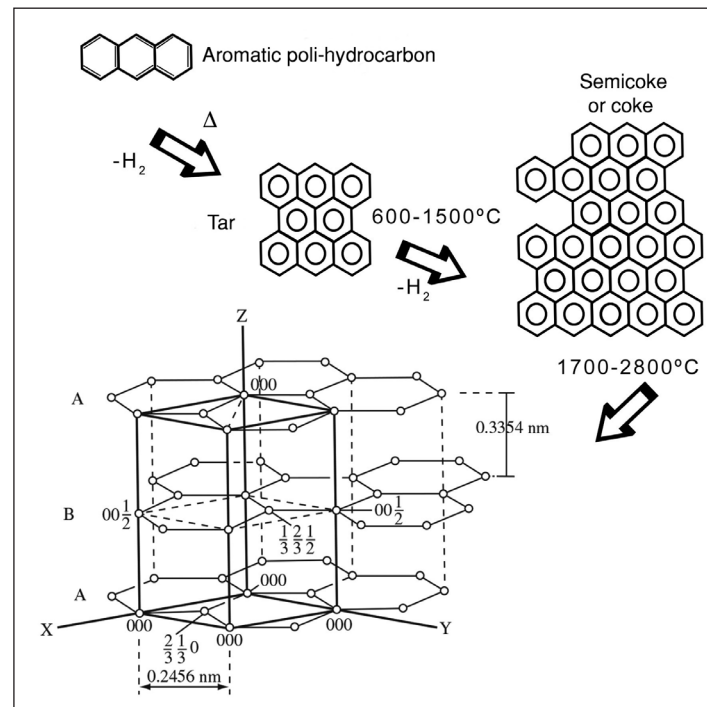
composites based on thermo rigid resins and the route using thermoplastic meshes (tars) are liquid phase impregnation processes, in which the porous substrate (preform) is formed of carbon fibers (FITZER; MANOCHA, 1988; GONÇALVES, 2008). Finally, there is the route, whose impregnation occurs by means of hydrocarbon gas, which contains carbon in its molecule, an element that is decomposed in the porous substrate of carbon fibers. In this case, the process of obtaining the composite is called chemical infiltration in the gas phase (CVI).

In the thermo rigid liquid phase process, the precursor mesh consists of thermo rigid resins, which cure (polymerize) at low temperatures ($T < 250^{\circ}\text{C}$) and are converted to a carbonaceous mesh called glassy carbon by solid phase heat treatment (carbonization) processes at temperatures close to 1000°C (BENTO, 2004). Glassy carbon has a structure that is more closely related to a non-crystalline material, with high gloss and fracture characteristics such as glass, hence the glassy name, therefore, not having a regular ordered structure, which is an inconvenient factor for several reasons, the main one being the prevention of graphitization (heat treatment at temperatures above 2000°C). Glassy carbon is also often referred to as polymeric carbon, since it derives mainly from the carbonization of polymeric precursors (JENKINS; KAWAMURA, 1976). The carbon materials obtained from thermo

rigid resins based on phenolic resins have a specific mass of approximately 1.50 g/cm^3 .

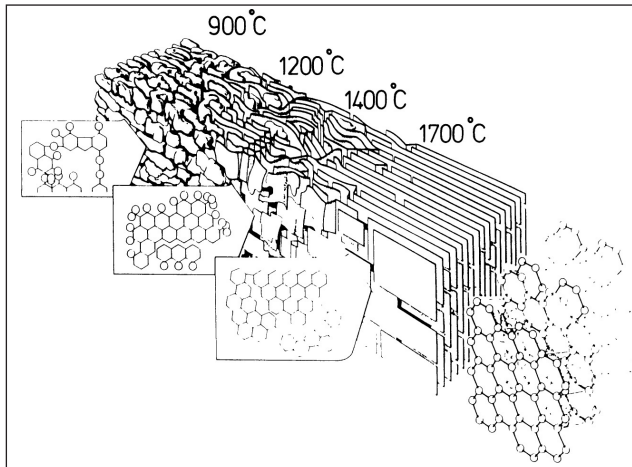
The processes of obtaining carbons in the liquid phase by thermoplastics include the use of tar from petroleum tar or coal tar (PARDINI; GONÇALVES, 2009). The tars are semi-solid viscoelastic materials. Under thermal treatment (temperatures around $550\text{-}600^{\circ}\text{C}$), they pass through a liquid phase, with a minimum viscosity, becoming an infusible and thermo rigid material called semicoke. In this case, if the heat treatment is carried out up to 1000°C and at atmospheric pressure (0.1 MPa), the mass loss of the tar, equivalent to 50% of the initial material, occurs, whereas under thermal treatment and at higher pressures at 50 MPa , the yield of the carbon material may be greater than 80% by mass (SOHDA; SHINAGAWA, ISHII, 1999). In general, the process takes place by the thermal conversion of the tar into graphite material, Figure 6, in which the amorphous (tar) material is continuously organized by temperature, by simultaneous flow and alignment of macromolecules, which in turn are arranged and ordered, generating stacked and well-oriented graphical basal planes (GRIFFITHS; MARSH, 1981; RAND, 1993; YOUNG-JAE; HYEOK JONG, 2004), as shown in Figure 7. The carbon materials obtained with graphitized tars have a specific mass greater than 1.9 g/cm^3 .

Figure 6 – Thermal conversion of the tar into graphite.



Source: Levy Neto and Pardini (2016, p. 63).

Figure 7 – Illustration of the tar graphitization evolution from the pyrolysis.



Source: Marsch and Rodríguez-Reinoso (2006) and Savage (1993).

In summary, the solid phase heat treatment of thermo rigid resins, such as phenolic resins, generates non-graphitizable carbons, consequently the thermomechanical properties are not satisfactory for most applications. The use of high pressure process for thermo rigid materials does not change the carbon yield. On the other hand, the pyrolysis liquid phase of tars results in highly oriented and graphitized carbons with better thermomechanical properties, having the disadvantage of being carried out at high pressures, considering that the carbon yield of tars is a function of the pressure process (PARDINI; GONÇALVES, 2009; SAVAGE, 1993).

In gas-phase processes, called CVI/Chemical Vapor Infiltration (CVI) or Chemical Vapor Deposition

(CVD), hydrocarbon gases such as methane, propylene and others with high carbon content in the molecule, as well as vaporizable liquids, for example cyclohexane, kerosene and others, are subjected to a thermal decomposition process at temperatures ranging from 800 to 1200 °C, leading to the deposition of carbon in the preform (PARDINI; GONÇALVES, 2009). Therefore, in the CVI method, the gaseous reagents infiltrate the preform, maintained at high temperatures, depositing the mesh material on the fiber structure by means of vapor deposition reactions (CVD). As the infiltration occurs, the CVD deposits continuously grow to form the composite mesh. The CVI process results in the obtaining of graphitizable material, called pyrolytic carbon.

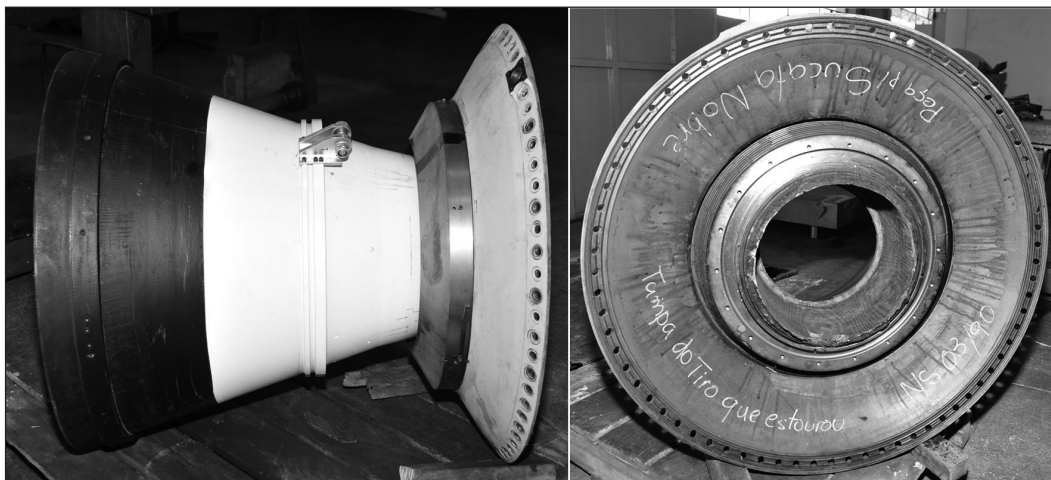
A rocket nozzle throat, manufactured in CRFC composite, used in the IAE engine S43, was used for the analysis in the present work, according to Figure 8.

Stereomicroscopy, optical microscopy and scanning electron microscopy analyzes were performed on samples taken from the multidirectional CRFC composite material in the convergent, throat and divergent regions.

1.1.3 Stereomicroscopy

The juxtaposition of the Greek terms *stereo* relating to two (double), and *scopos*, relative to the view (observer), results in the term stereoscopy, which refers to the visualization of the same focus by two mechanisms of image capture. In general, when in human beings, it is said that the image perceived by the brain results from the combination of two images captured, one in each eye. This pair of pictures is called stereoscopic pair (stereo image pair).

Figure 8 – S43 engine nozzle.



Source: The author.

A stereo is an optical microscope that works with increases from 10X to 90X or up to 180X with the addition of optional extra lenses. It works by using two complete microscopes, inclined one to the other at an angle of 8 to 12 degrees, depending on the manufacturer. Each microscope includes a lens, an eyepiece and a construction system, the latter being either reflective or refractive type. The two lenses and the two eyepieces give the eyes slightly different viewing angles (Figure 9a). In essence, the left and right eyes view the same object, but in a different way. Much like what happens to human eyes, these two separate viewing angles produce a three-dimensional image, which makes it ideal for examining surfaces of solid materials. The lighting is also different compared to other types of microscopes. It uses reflected or episcopic light to illuminate specimens. This means that it uses light, naturally reflected from the object. This is ideal when it comes to thick or opaque samples. The equipment is shown in Figure 9b.

1.2 Optical Microscopy (OM)

The analysis by optical microscopy allows the evaluation of material sections, allowing the visualization of fibers' arrangement and the existence of defects, such as pores, inclusions and microcracks. Carbon materials are generally observed by reflection with the aid of an optical microscope due to their high absorption coefficients at visible wavelengths.

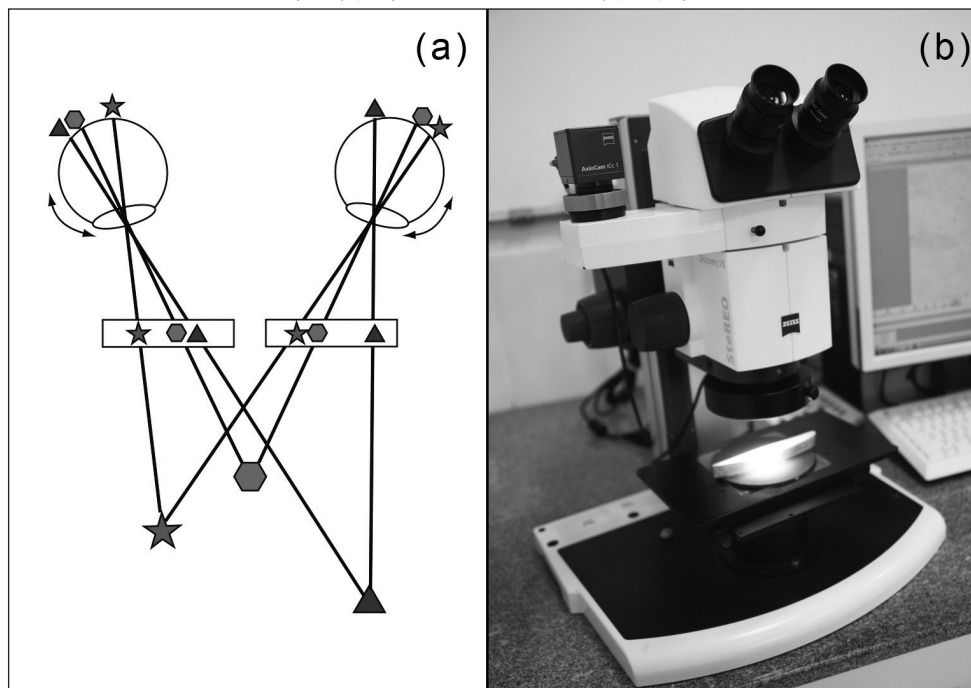
Therefore, most optical studies on CRFC composites use reflection in polished samples (SAVAGE, 1993). The optical microscopy technique consists of characterizing the materials by observing the image generated by the interaction of a collimated light beam with the polished surface of the sample. The signal generated by the interaction between the source and the sample passes through an optical system to obtain an image that is collected, stored and subsequently interpreted.

1.3 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) is an analysis technique that expands the sample size for visualization of its structures and topography of solids. Unlike optical microscopy, which uses a light source (photons) for image observation, the SEM uses an electron source increasing the resolution of the images. An important feature of SEM is the three-dimensional appearance of the sample image. It also allows the examination in small increments and with great depth of focus, which is extremely useful, since the electronic image complements the information given by the optical image (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

The principle of SEM is based on the focusing of an electron beam passing through a column under vacuum through a series of electromagnetic lenses (coils) for beam collimation and focusing in a given region of the sample.

Figure 9 – Stereomicroscope. (a) Optical scheme; and (b) Equipment.



Source: Russ (2011).

2 MATERIALS AND METHODS

The **afterburn** evaluation of the S43 engine nozzle insert material was performed by applying microscopic analysis techniques after the engine fire test. The solid propellant used in the S43 engine is the high solids composite type which results in gases at high temperatures. The resin used is hydroxylated polybutadiene, mixed with powdered aluminum and ammonium perchlorate.

Stereomicroscopy, Optical Microscopy (OM) and Scanning Electron Microscopy (SEM) were used for characterization and also for the evaluation of damages caused by surface firing of test specimens.

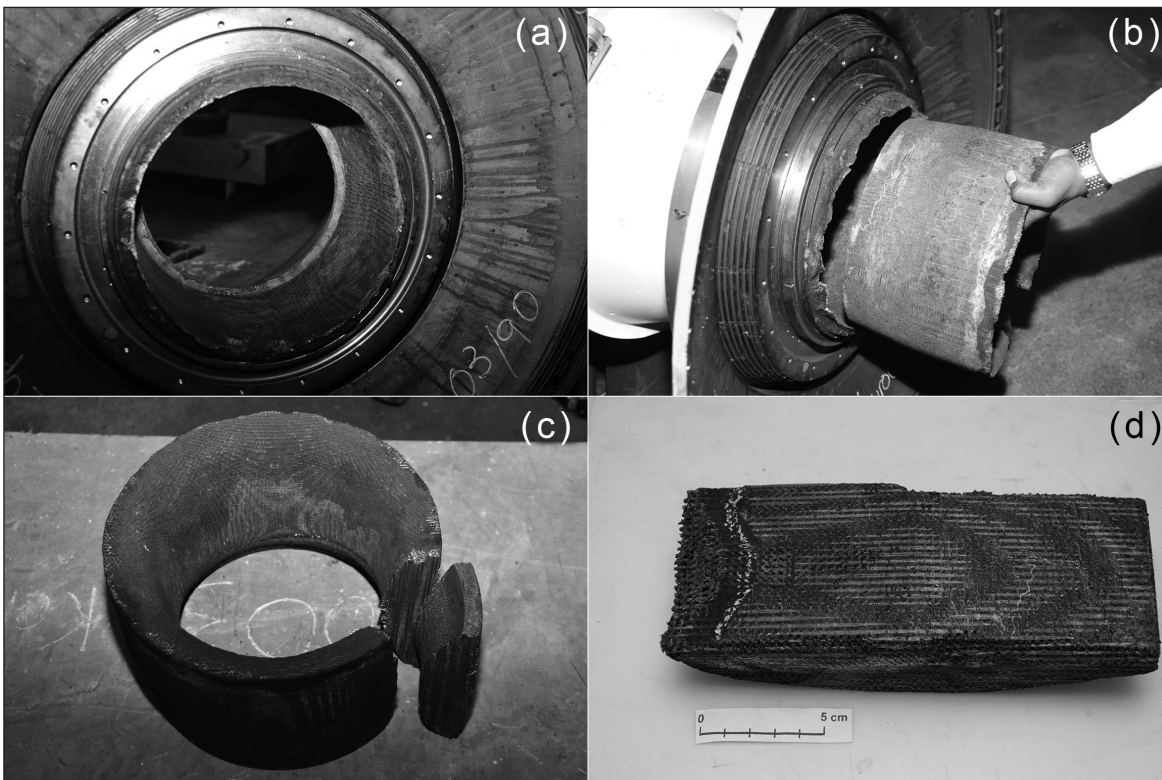
2.1 Materials

Samples of the CRFC composite material were evaluated in the convergent, throat and divergent regions. The process for obtaining the samples followed the steps described in items 2.1.1 and 2.1.2.

2.1.1 Removal of S43 nozzle samples for analysis

Removal of the nozzle insert was performed according to Figures 10a to 10d. It can be seen in Figure 10a that the insert/heat shield is mounted on the engine nozzle S43; in Figure 10b the insert is removed from the frame; in Figure 10c the removal of a section of the insert for analysis; and in Figure 10d the insert sample was removed for analysis.

Figure 10 – Removal of the S43 nozzle insert/thermal protection sample. (a) Thermal protection mounted on the S43 engine nozzle; (b) Thermal protection being extracted from the structure; (c) Removal of a longitudinal section for analysis; (d) Detail of the sample removed for analysis.



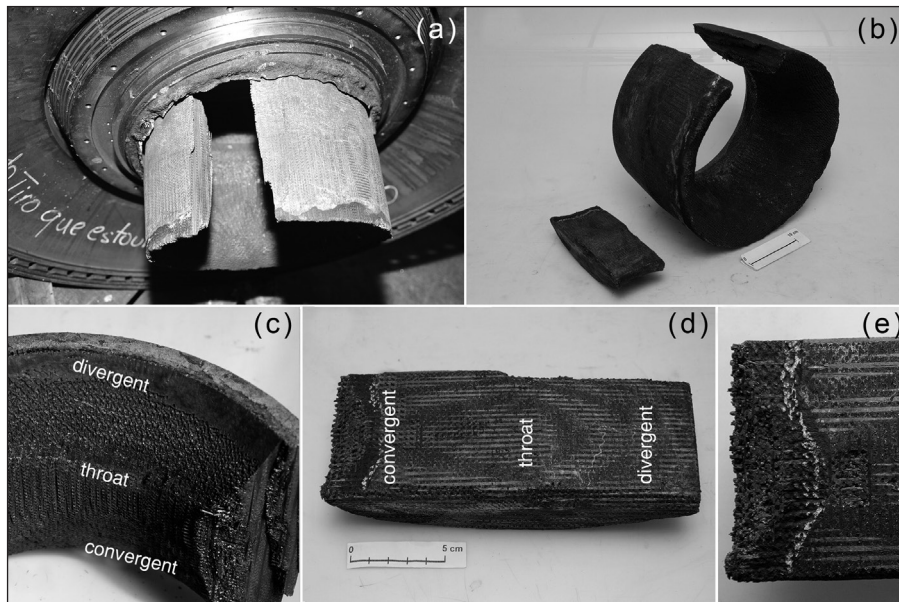
Source: The author.

2.1.2 Subdivision and identification of the SPT sample of the S43 nozzle

In the Figure 11a a sample from the insert/thermal protection mounted on the S43 engine nozzle was removed for analysis. Figure 11b shows an image to the left of the sample and to the right of the insert shown in Figure 11a. For the

characterization of the sample shown in Figure 10d and Figure 11b, the three internal regions of the insert (convergent, throat and divergent) were identified, both in the insert, Figure 11c, and in the sample, Figure 11d. Figure 11e shows an enlarged image of the ablative effects of the thermal jet coming from the burning of the propellant in the convergent thermal protection.

Figure 11 – Identification of thermal protection regions. (a) Sample for analysis; (b) Internal protection region; (c) Detail of the convergent region; (d) Sample removed from the engine nozzle; (e) Identification of the regions of the insert material.



Source: The author.

2.1.3 Sample cutting process

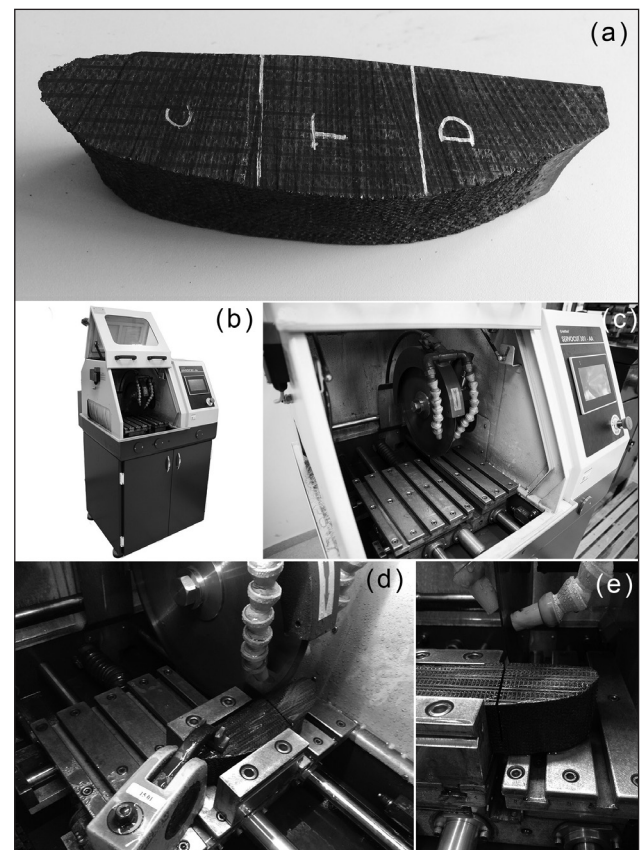
It was convened in the cutting/subdivision process of the thermal protection of the S43 insert sample, Figure 12a, identify it with the letters **C**, **T** and **D**, being designated, respectively, the Convergent, Throat and Divergent. Figures 12b and 12c show the positioning of the sample in the SERVOCUT mod. 301-AA of METKON and, in Figures 12d and 12e, the cutting.

After separating the convergent **C** region of the sample, identified in Figure 12a, the cut was made that allowed to separate the samples of the region of the throat **T** and the divergent **D**, Figure 13a. After the cutting operation, the three samples were oven dried at 70 °C for 30 min, as shown in Figure 13b.

In order to systematize the analysis, a quadrilateral identification was performed, according to Figure 14a, in perspective, and Figure 14b, in an upper image of the sample, after the drying of the three samples.

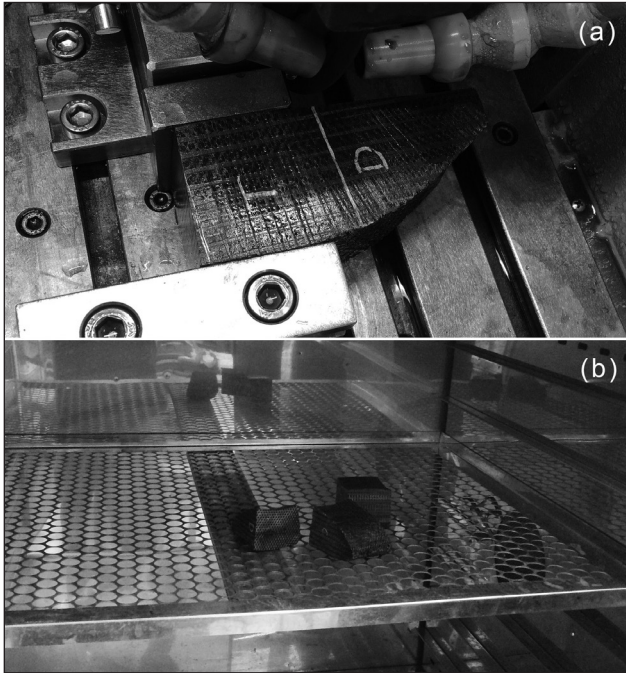
However, the need to perform an additional cut along the thickness of the samples was observed in order to obtain a flat surface with adequate dimensions to assemble in the sample holder of the microscope.

Figure 12 – Sample cut. (a) Identification for cutting; (b) Equipment used; (c) Slot in the specimen fixation and cutting equipment; (d) and (e) Fixation and cutting the **C** convergent of the sample.



Source: The author.

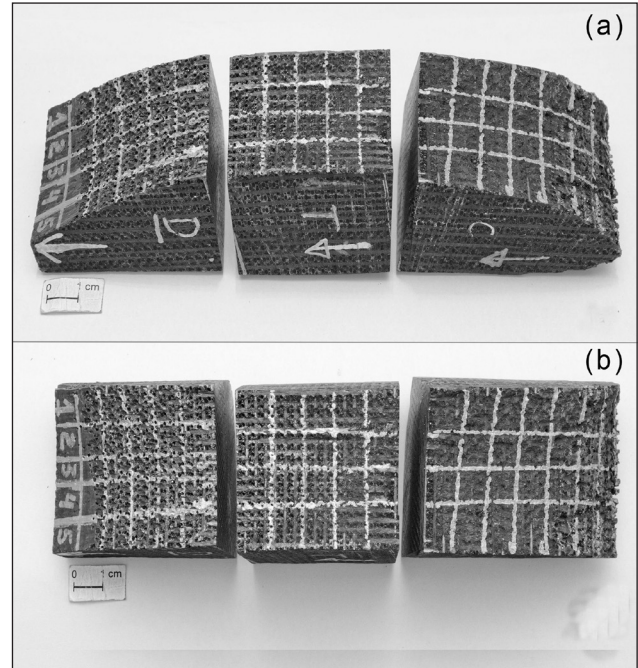
Figure 13 – Samples. (a) Final cut of the sample; (b) Drying in an oven.



Source: The author.

In Figure 15a there is a perspective image of the divergent **D**, Throat **T** and Convergent **C** samples. In Figure 15b, an upper image of the samples shown in Figure 15a. In Figure 15c, a longitudinal section of the

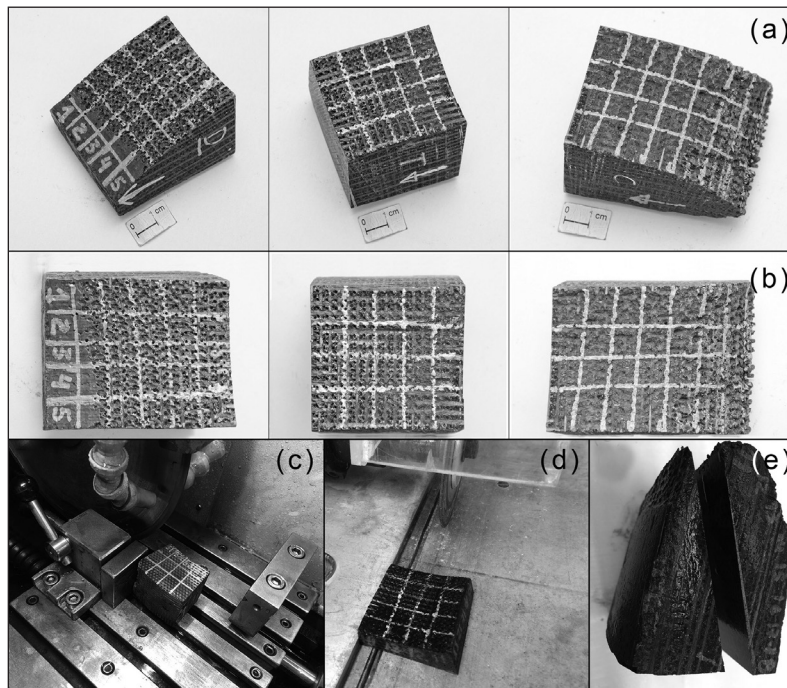
Figure 14 – Demarcation in quadrants of the sample. (a) Perspective image; (b) Top View.



Source: The author.

throat region is shown, and in Figure 15d, the section obtained after sectioning the throat sample. In Figure 15e there is the sample of the convergent **C**, which was also submitted to an angular cut to obtain a flat surface.

Figure 15 – Cutting of the sample of the throat **T**, divergent **D** and convergent **C**. (a) Perspective image of the throat; (b) Top View; (c) Cutting of the throat sample in half; (d) Sample obtained from the throat; (e) Divergent and convergent samples; (f) Sample obtained from the convergent.



Source: The author.

3 CONCLUSION

Key concepts of thermal protection materials for launch vehicles were presented. These thermal protections are internal or external to the vehicles and are composed of ablative materials, represented by the polymeric composites or by reirradiant materials, represented by the thermo-structural composites.

A rocket nozzle throat manufactured in CRFC composite, a component of the IAE/DCTA S43 vehicle, was analyzed. This thermal protection, internal to the launch vehicle, can demonstrate ablative and reirradiant characteristics.

The procedures for the extraction of the CRFC composite insert from the S43 engine were systematized. The material analysis strategy was performed by cutting the insert into three sections corresponding to the convergent, divergent and throat regions (critical section).

The analyses were performed by stereoscopy and optical microscopy.

The analyses should indicate the characteristics of erosion and systematize the procedure for analyzing the material behavior, in the face of the operating conditions to be presented in Part II of the work.

AGRADECIMENTOS

The authors thank the Mechanics Division (AME), the Materials Division (AMR) and the Integration and Testing Division (IAE) of the Institute of Aeronautics and Space (*Instituto de Aeronáutica e Espaço* - IAE). To the first, for the availability of the insert; to the second, for the availability of equipment in the preparation of the samples for analysis; to the latter for the technical support of the military 1S Wandeclyt Martins de Melo in the preparation of the figures that compose the collection of the Imaging Record Laboratory (*Laboratório de Registro de Imagens*).

REFERENCES

- BENTO, M. S. **Estudo cinético da pirólise de precursores de materiais carbonosos**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos: ITA. 215 p. Disponível em: http://www.bdita.bibl.ita.br/tesesdigitais/lista_resumo.phpnum_tese=000530317. Acesso em: 6 jul. 2018.
- DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.
- FITZER, E.; MANOCHA, L. M. **Carbon reinforcements and carbon/carbon composites**. Berlin: Springer-Verlag, 1988. 343 p.
- GONÇALVES, A. **Caracterização de materiais termoestruturais a base de compósitos de carbono reforçados com fibras de carbono (CRFC) e carbonos modificados com carbeto de silício (SiC)**. 2008. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e Aeronáutica. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos: ITA. 226 p. Disponível em: http://www.bdita.bibl.ita.br/tesesdigitais/lista_resumo.php?num_tese=000549057. Acesso em: 6 jul. 2018.
- GRIFFITHS; J.A.; MARSH, H. **Proceedings of 15th Biennial Conf. on Carbon**. University of Pennsylvania, Philadelphia, USA, 1981. p. 22-26.
- JENKINS, G. M.; KAWAMURA, K. **Polymeric carbon: carbon fibre, glass and char**. Cambridge: Cambridge University Press, 1976.
- LAUB, B.; VENKATAPATHY, E. Thermal protection system technology and facility needs for demanding future planetary missions. In: INTERNATIONAL WORKSHOP PLANETARY PROBE ATMOSPHERIC ENTRY AND DESCENT TRAJECTORY ANALYSIS AND SCIENCE. **Proceedings...** Noordwijk: ESA Publications Division, 2003.
- LEVY NETO; F.; PARDINI, L.C. **Compósitos estruturais: ciência e tecnologia**. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2016. 418 p.
- LIUYANG, D.; XING Z.; YIGUANG, W. Comparative ablation behaviors of C/SiC-HfC composites prepared by reactive melt infiltration and precursor infiltration and pyrolysis routes. **Ceramics International**, 43, p. 16114–16120, 2017.
- MARSH, H.; RODRÍGUEZ-REINOSO, F. **Activated carbon**. Amsterdam: Elsevier, 2006.
- PALMERIO, A. F. **Introdução à tecnologia de foguetes**. São José dos Campos, SP: SindCT, 2017.
- PARDINI, L.C.; GONÇALVES, A. Processamento de compósitos termoestruturais de carbono reforçado com fibras de carbono. **Journal of Aerospace Technology and Management**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 231-241, jul. - dez. 2009.
- PULCI, G., et al. Carbon–phenolic ablative materials for re-entry space vehicles: manufacturing and properties, **Composites A** 41, p. 1483–1490, 2010.
- RAND, B. **Matrix precursors for carbon-carbon composites**, Essentials Carbon-Carbon Composites, Chap.3, Royal Soc. of Chemistry, London, UK, 1993. p. 67–102.
- RUSS, J. C. **The Image Processing Handbook**. Sixth Ed, CRC Press, 2011. p.70.
- SAVAGE, G. **Carbon/carbon composites**. London: Chapman & Hall, 1993. 389 p.
- SILVA, H. P.; PARDINI, L.C.; BITTENCOURT, E. Shear properties of carbon fiber/phenolic resin composites heat treated at high temperatures. **Journal of Aerospace Technology and Management** 8, n.3, p. 363-372, 2016.
- SILVA, W. G. **Qualificação de materiais utilizados em sistemas de proteção térmica para veículos espaciais**. Tese (Mestrado em Física dos Plasmas) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, 2009. 112 p. Disponível em: http://www.bdita.bibl.ita.br/tesesdigitais/lista_resumo.php?num_tese=000555112. Acesso em: 6 jul. 2018.
- SOHDA, Y.; SHINAGAWA, M.; ISHII, M. Effect of carbonization pressure on carbon yield in a unit volume. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 30, n. 4, p. 503-506, Apr. 1999.
- SUTTON, G. P. **Rocket propulsion elements**. 8. Ed. New York: Wiley, 1992.
- THIYAGARAJAN, N. **Processing and characterization of reaction formed SiC - based ceramic matrix composites**. Madras: Anna University, 1996.
- WITTMANN; K.; Fundamentals. In: WILFRIED L, WITTMANN K, HALLMANN W. (Ed.). **Handbook of Space Technology**. United Kingdom: John Wiley and Sons, 2009. p. 33-113.
- YONG-JIE, W. et al. Ablation behavior of a TaC coating on SiC coated C/C composites at different temperatures, **Ceramics International**, 39, p. 359–365, 2013.
- YOUNG-JAE L.; HYEOK JONG J. Investigation on ablation behavior of CFRC composites prepared at different pressure. **Composites: Part A** 35, 1285–1290, 2004.

Análisis microscópico post-queima del material del inserto de la tubería de motor-cohete a propelente sólido: concepción teórica (Parte I)

Afterburner microscopic analysis of the nozzle insert material of the solid propellant rocket engine: theoretical conception (Part I)

Análise microscópica pós-queima do material do inserto da tubeira de motor foguete a propelente sólido:conceituação teórica (Parte I)

Ronald Izidoro Reis^I

Wilson Kiyoshi Shimote^{II}

Luiz Cláudio Pardini^{III}

RESUMEN

El presente trabajo presenta un estudio conducido en la División de Materiales (AMR), subordinada al Instituto de Aeronáutica y Espacio (IAE), organización del Departamento de Ciencia y Tecnología Aeroespacial (DCTA), para investigar el comportamiento microestructural del material a base de compuesto carbono/carbón utilizado como protección térmica/inserto en la garganta de los tubos de cohete. Estos sistemas se someten a un flujo intenso de calor proveniente de los gases de alta velocidad, que llevan al fenómeno de ablación en las regiones de la tubería en motores a propulsión sólida de vehículos S43, por ejemplo. La ablación es un fenómeno erosivo que ocurre en regiones del sistema de protección térmica y cuyo material es removido por influencias termomecánicas, termoquímicas y termofísicas o combinadas. Así, para mantener la integridad de la tobera, se utilizan materiales como Sistemas de Protección Térmica (SPT). Los materiales para protección térmica pueden clasificarse, según el mecanismo predominante de protección, en ablativos y reirradiantes. La mayoría de los materiales ablativos son compuestos reforzados con fibras estructurales (sílice o carbono, por ejemplo) y unidos con resinas termorregidas orgánicas y, en la clase de materiales reirradiantes, se encuentran los composites

termoestructurales con matriz de carbono, reforzados con fibras de carbono (CRFC), compuestos con matriz híbrida de carbono/carburo de silicio (C/SiC), y los compuestos de matriz y fibras de carburo de silicio (SiC/SiC) y los materiales cerámicos covalentes, como ZrC, HfC y TaC, por ejemplo, principalmente en forma de materiales modificadores internos o como recubrimientos. La preparación de las muestras y concepciones inherentes a los materiales se presenta como parte I del trabajo y la evaluación del comportamiento microestructural del motor S43 será realizada por estereomicroscopia, Microscopia Óptica (MO) y Microscopia Electrónica de Barrido (MEV), será presentada, en trabajo futuro, como parte II.

Palabras clave: Inserto de la tobera. Motor-cohete. Propulsión sólida. Inserto de CRFC.

ABSTRACT

This work presents a study conducted in the Materials Division (AMR), subordinated to the Institute of Aeronautics and Space (Instituto de Aeronáutica e Espaço - IAE), organization of the Department of Aerospace Science and Technology (DCTA), to investigate the microstructural behavior of carbon/carbon composite based material used as heat shield/insert in nozzle throat of rockets. These

I. Instituto de Aeronáutica y Espacio (IAE) – São José dos Campos/SP – Brasil. Phd en Ingeniería Metalúrgica y Materiales por la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG). E-mail: ronaldrir@fab.mil.br

II. Instituto de Aeronáutica y Espacio (IAE) – São José dos Campos/SP – Brasil. Doctor en *Sciences et Ingénierie en Matériaux, Mécanique, Energétique et Aéronautique* pela *École Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique* – France. E-mail: wilsonwks@fab.mil.br

III. Instituto de Aeronáutica y Espacio (IAE) – São José dos Campos/SP – Brasil. Doctor en Ciencia de los Materiales e Ingeniería por University of Bath – Inglaterra. E-mail: pardini@fab.mil.br

Recibido: 22/08/18

Aceptado: 13/11/18

Las siglas y abreviaturas contenidas en el artículo corresponden a las del texto original en lengua portuguesa.

systems are subjected to an intense heat flow from the gases at high speed, which lead to the ablation phenomenon in the nozzle regions in solid propulsion engines of S43 vehicles, for example. Ablation is an erosive phenomenon that occurs in regions of the thermal protection system and whose material is removed by thermomechanical, thermochemical and thermophysical or combined influences. Thus, in order to maintain the integrity of the nozzle, materials such as Thermal Protection Systems (TPS) are used. The materials for thermal protection can be classified, according to the predominant mechanism of protection, in ablatives and reirradiant. Most of the ablative materials are composites reinforced with structural fibers (silica or carbon, for example) and bonded with organic thermo rigid resins and the class of reirradiant materials include carbon mesh thermostructural composites reinforced with carbon fibers (CRFC), composites with silicon carbon/silicon carbide (C/SiC) hybrid mesh, and the silicon carbide mesh and fibers composites (SiC/SiC) and covalent ceramic materials such as ZrC, HfC and TaC, for example, mainly in the form of internal modifying materials or as coatings. The preparation of the samples and concepts related to the materials are presented as part I of the work and the assessment of the microstructural behavior of the S43 engine will be performed by stereomicroscopy, Optical Microscopy (MO) and Scanning Electron Microscopy (SEM), as part II.

Keywords: Nozzle insert. Rocket engine. Solid propulsion. CRFC insert.

RESUMO

O presente trabalho apresenta estudo conduzido na Divisão de Materiais (AMR), subordinada ao Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), organização do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), para investigar o comportamento microestrutural do material a base de compósito carbono/carbono usado como proteção térmica/inserto em garganta de tubeira de foguetes. Esses sistemas são submetidos a um fluxo intenso de calor proveniente dos gases em alta velocidade, que levam ao fenômeno de ablação nas regiões da tubeira em motores a propulsão sólida de veículos S43, por exemplo. A ablação é um fenômeno erosivo que ocorre em regiões do sistema de proteção térmica e cujo material é removido por influências termomecânicas, termoquímicas e termofísicas ou combinadas. Assim, para manter a integridade da tubeira, utilizam-se materiais como Sistemas de Proteção Térmica (SPT). Os materiais para proteção térmica podem ser classificados, conforme o mecanismo predominante de proteção, em ablativos e reirradiantes. A maioria dos materiais ablativos são compósitos

reforçados com fibras estruturais (sílica ou carbono, por exemplo) e unidos com resinas termorrígidas orgânicas e, na classe de materiais reirradiantes, encontram-se os compósitos termoestruturais com matriz de carbono, reforçados com fibras de carbono (CRFC), compósitos com matriz híbrida de carbono/carbeto de silício (C/SiC), e os compósitos de matriz e fibras de carbeto de silício (SiC/ SiC) e os materiais cerâmicos covalentes, como ZrC, HfC e TaC, por exemplo, principalmente na forma de materiais modificadores internos ou como recobrimentos. A preparação das amostras e conceituações inerentes aos materiais são apresentadas como parte I do trabalho e a avaliação do comportamento microestrutural do motor S43 será realizada por estereo microscopia, Microscopia Ótica (MO) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), será apresentada, em trabalho futuro, como parte II.

Palavras-chave: Inserto da tubeira. Motor-foguete. Propulsão sólida. Inserto de CRFC.

1 INTRODUCCIÓN

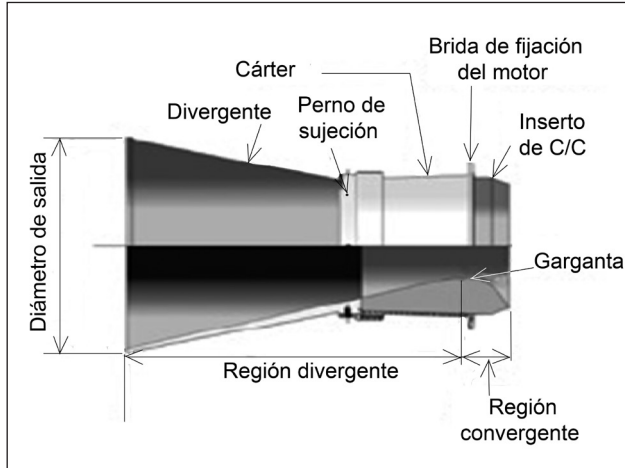
Los motores cohetes utilizados en vehículos lanzadores de satélites y cohetes suborbitales, desarrollados en el Instituto de Aeronáutica y Espacio (IAE), poseen sistemas de propulsión química, donde hay reacción de combustión del propelente, tanto sólido, líquido o híbrido. Así, siguiendo el concepto clásico, ocurre la producción de energía térmica, en forma de gases, bajo elevada temperatura y presión. Los gases generados en la cámara de combustión son expulsados por la tobera donde ocurre la conversión de la energía térmica en energía cinética, resultando en empuje para propulsión del cohete (SUTTON, 1992).

1.1 Tobera

La elección de los materiales y del diseño del perfil geométrico interno de la tubería es esencial para que el flujo y la expansión de los gases procedentes de la quema del propelente sean eficientes para la generación de empuje del vehículo lanzador, según Palmerio (2017, p.77). No basta sólo que los gases sean producidos y liberados. Para que sea posible inducir alta velocidad al cohete, es necesario acelerar los gases producidos de modo que estos alcancen altas velocidades en la sección de salida. Para lograr este efecto, el inserto de compuestos con matriz de carbono, reforzados con fibras de carbono (CRFC) (Figura 1), componente de la tubería, tiene en su interior una región convergente, que inicia el proceso de aceleración, otra divergente, que los gases se expanden hasta la velocidad supersónica (número de mach > 1) hasta la expulsión por la sección de salida. En la transición entre el convergente y regiones divergentes

se sitúa la sección crítica llamada de garganta que tiene diámetro más pequeño y cuyo gas alcanza velocidad sónica (Mach número = 1). La Figura 1 ilustra esquemáticamente una tubería de un motor cohete típico, utilizada en vehículos lanzadores para misiones suborbitales.

Figura 1 – Conjunto de tobera de un vehículo de lanzamiento.



Fuente: Palmerio (2017).

El cárter, presentado en la Figura 1, tiene las siguientes funciones:

- i) fijación de la tubería al sobre motor, por medio de brida;
- ii) receptáculo del inserto con superficie interna ligeramente cónica con el objetivo de evitar la expulsión del inserto debido al paso de los gases por la tubería; y
- iii) resistencia mecánica para soportar la presión interna en la región del divergente.

Palmerio (2017) menciona también que la región del inserto de la garganta es sometida a un flujo intenso de calor proveniente de los gases a alta velocidad. Para soportar estas condiciones, se utilizan materiales con características especiales que formarán una barrera de protección térmica, promoviendo aislamiento suficiente para mantener la temperatura e integridad de la estructura del cárter metálico y del vehículo lanzador como un todo.

Según Silva (2009), de forma general, materiales de diferentes características se utilizan en Sistemas de Protección Térmica (SPT) en la industria aeroespacial con propiedades específicas, como baja masa específica, elevada resistencia mecánica y alto punto de fusión. Cada tipo de material se emplea de acuerdo con sus características para la protección térmica de la tubería. Estos materiales pueden clasificarse, conforme el mecanismo predominante de protección térmica en: ablativos y reirradiantes.

1.1.1 Materiales ablativos

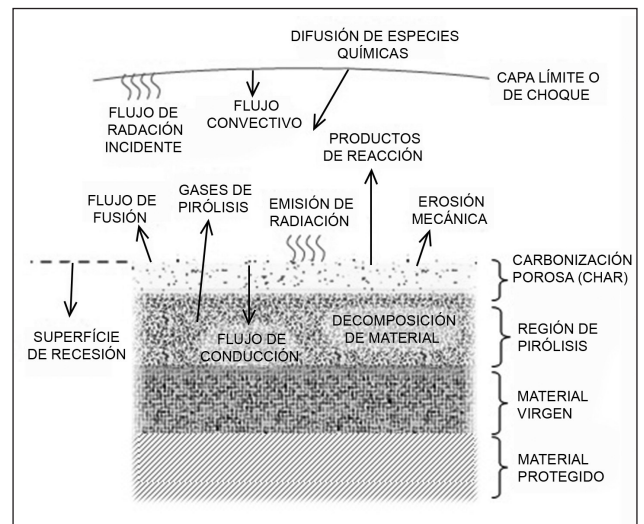
Se utilizan los materiales ablativos como un método práctico para aliviar condiciones extremas de calentamiento

aerodinámico que se producen durante la reentrada de sistemas espaciales en la atmósfera, así como en el flujo a altas velocidades de los gases de escape de los propulsores. En este SPT la disipación de la energía térmica ocurre por la pérdida de masa y por el cambio de fase del material. Sus principales características son la resistencia térmica a la alta temperatura, resistencia a la erosión, choque térmico e impacto, además de baja conductividad térmica y calor específico elevado (SILVA, 2009).

Los SPT que utilizan materiales ablativos son los más simples y consisten en el recubrimiento externo del vehículo por medio de una coraza con gran capacidad térmica para soportar el intenso flujo de calor emanado de la pérdida de energía cinética en trayectoria balística en la reentrada atmosférica y cuyas tasas de calentamiento y deceleración son muy intensas, en corto período de tiempo.

Los compuestos esencialmente ablativos son materiales reforzados con fibras estructurales (sílice, cuarzo o carbono) y unidos con resinas termorregidas orgánicas, usualmente, resinas fenólicas (LAUB, VENKATAPATHY, 2003). Cuando se calienta, ocurre la pirólisis de la matriz termorrígida (resina), que se convierte en carbono poroso en la superficie del material y tiende a crear una capa de gas próxima a esa superficie con una temperatura menor que la temperatura del gas externo proveniente del flujo de alta entalpía. Los gases fluyen hacia la superficie caliente y terminan siendo inyectados en la capa límite, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2 – Mecanismos de alojamiento térmico de materiales ablativos.



Fuente: Pulci et al. (2010).

En el proceso ablativo se considera que la energía incidente inicial en la superficie, proveniente

de los flujos térmicos por radiación, convección y conducción, es absorbida y entonces conducida hacia dentro del material a velocidad que depende de su conductividad térmica (PULCI et al., 2010). Así, tan pronto como se excede la capacidad de absorción de calor por el material, es decir, sobrepasa los límites de estabilidad térmica y física del material, se inicia el proceso de descomposición/degradación térmica del mismo, como se observa en la Figura 2.

Esta degradación implica procesos endotérmicos que absorben gran parte del calor incidente, impidiéndole transportarse a regiones más internas del material. Los componentes orgánicos del material (resina termorígida) son, entonces, pirolizados en esta fase, generando volátiles (gases de pirólisis) de composición variada y formando una capa de carbono porosa o residuo carbonáceo. En la literatura de la superficie de carbono poroso formado se llama char. Estos cambios físico-químicos provocan alteraciones en las propiedades termofísicas del material, haciendo que su superficie adquiera características típicamente aislantes y refractarias.

Los mecanismos de ablación proveen aislamiento térmico suficiente para mantener el interior del vehículo, o sistema, espacial a una temperatura amena (100 °C), conforme gradiente presentado en la Figura 3.

1.1.2 Materiales reirradiantes

En el caso en que el SPT es reirradiativo, parte de la energía absorbida del flujo externo es devuelta al ambiente, en forma de radiación. Esta cantidad

de energía devuelta puede ser estimada por la Ley de Stefan-Boltzmann, expresada por la Ecuación 1.

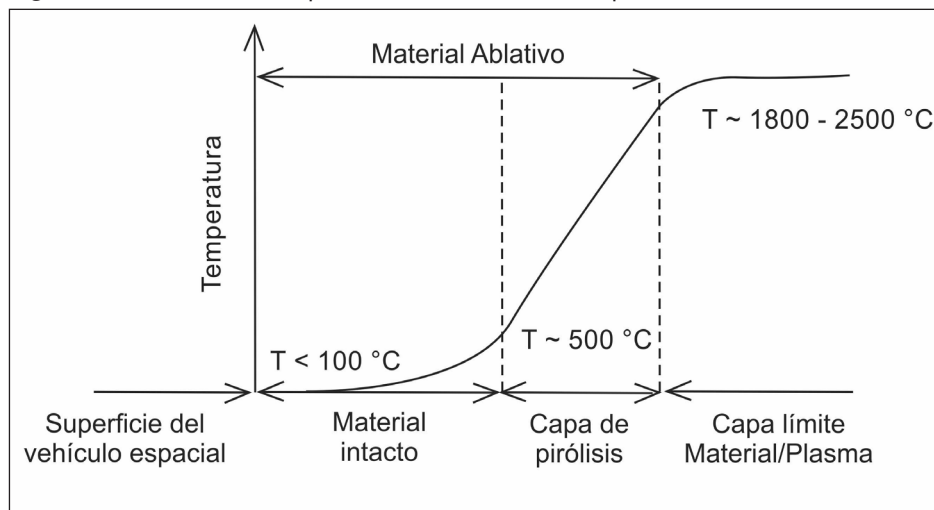
$$\dot{Q} = \sigma_{sb} \epsilon T_w^4 \tag{1}$$

Donde \dot{Q} representa la energía reirradiada por unidad de tiempo y por unidad de área, σ_{sb} es la constante de Stefan-Boltzmann $5,67032 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$, ϵ es la emisividad del material y T_w es la temperatura absoluta del material (WITTMANN, 2009, p. 89).

Los materiales utilizados en SPT reirradiativos poseen la característica de bajo desgaste por erosión, frente a las condiciones del flujo incidente. Estos materiales se emplean en sistemas de protección térmica reutilizables.

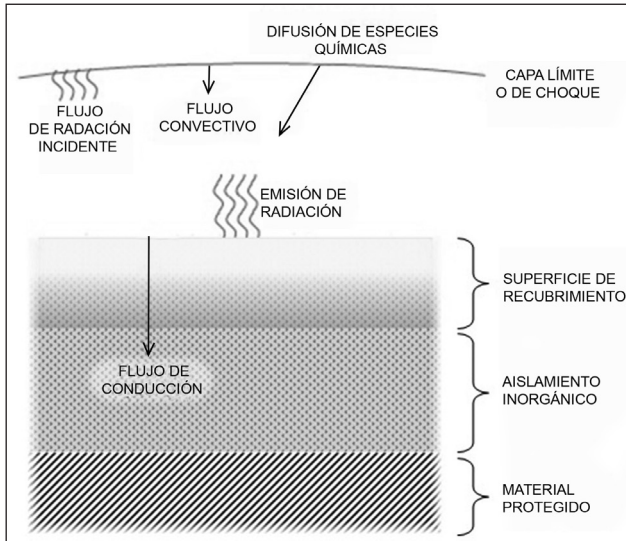
Conforme la Figura 4, en un material reirradiativo, el flujo de calor radiactivo y convectivo resultante será significativamente reirradiado por la superficie de recubrimiento calentado, siendo el resto conducido hacia el interior del material (un mecanismo más simple que el de los materiales esencialmente ablativos). La ventaja de este sistema es la posibilidad de reutilización, pues su alta emisividad, que maximiza la cantidad de energía reirradiada, y la baja catalización de la superficie, que minimiza el calentamiento convectivo, llevan a la supresión y recombinación de las especies disociadas en la capa límite con la superficie calentada. Otra ventaja de este tipo de material es que el aislamiento primario (generalmente inorgánico) tiene baja conductividad térmica, lo que minimiza la masa de material necesaria para aislar la estructura protegida (LAUB, VENKATAPATHY, 2003).

Figura 3 - Gradiente de temperatura en relación a las capas de un material ablativo.



Fuente: Silva (2009).

Figura 4 – Mecanismos de alojamiento de calor de material mecanismos reirradiativos (reutilizables).



Fuente: Laub y Venkatapathy (2003).

En esta clase de materiales se encuentran los compuestos con matriz de carbono reforzados con fibras de carbono (CRFC), compuestos con matriz híbrida de carbono/carburo de silicio (C/SiC), y los compuestos de matriz y fibras de carburo de silicio (SiC/SiC), y los materiales cerámicos covalentes, como ZrC, HfC y TaC, por ejemplo, principalmente en forma de modificadores internos o en forma de recubrimientos (LIUYANG, XING, YIGUANG, 2017, SILVA, PARDINI, BITTENCOURT, 2016, THIYAGARAJAN, 1996; YONG-JIE et al, 2013). Estos materiales suelen tener alta emisividad ($\epsilon > 0,8$),

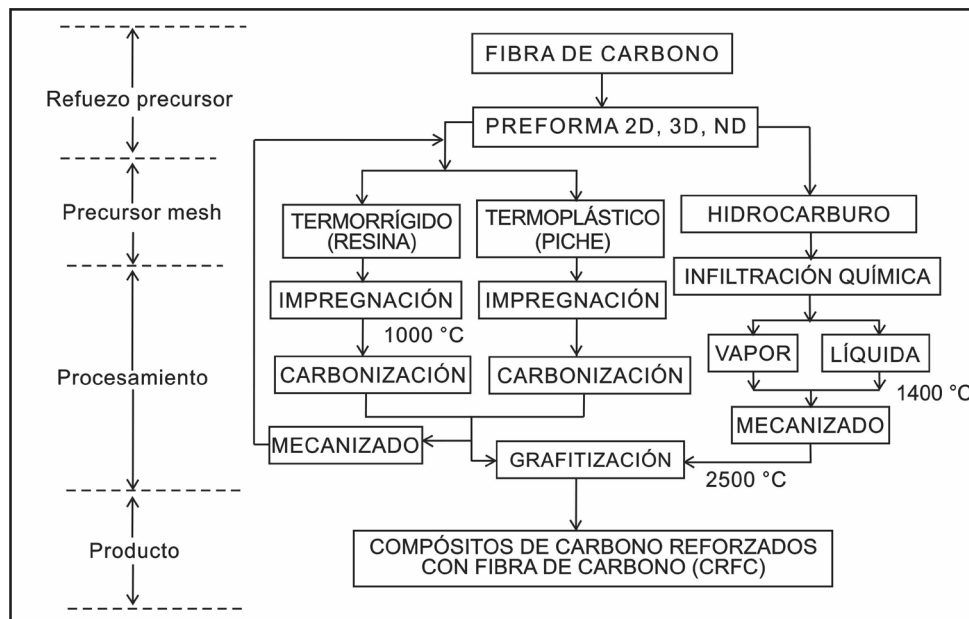
lo que permite a proteger las estructuras durante largos períodos de tiempo.

Al igual que otras estructuras de vehículos espaciales, los SPT se obtienen con geometría adecuada al uso del componente, a ejemplo del material de garganta de tubería de vehículos lanzadores, como se muestra en la Figura 1, cuyas protecciones térmicas se localizan en la región de salida de los gases generados por la quema de propelentes (garganta de la tobera).

En el punto 1.1 se constató que la región de la garganta es sometida al calor intenso de los gases provenientes de la quema del propelente que se desplaza a alta velocidad. El flujo de gas y de partículas, provenientes de la combustión del propelente, asociado a la generación y propagación de calor por la estructura del inserto de la garganta, puede afectar las propiedades mecánicas y térmicas de la misma. Para soportar estas condiciones, se utilizan SPT reirradiativos obtenidos por compuestos de carbono reforzados con fibras de carbono (CRFC) multidireccionales (nD).

En el caso de compuestos CRFC, por ejemplo, los procesos de obtención pueden ser por procesos en fase líquida o fase gaseosa. El diagrama que se muestra en la Figura 5 muestra esquemáticamente las rutas de procesamiento de estos materiales. En la Figura 5 se puede observar que se utilizan los compuestos CRFC por una combinación del refuerzo precursor constituido por fibras de carbono, dispuestas en forma de preformas (nD), con las matrices precursoras de carbono, que pueden provenir de polímeros (resina), termoplásticos (pichos) y gases hidrocarburos. Las rutas de procesamiento, los precursores de la matriz y del refuerzo se definen en función de las propiedades finales y las geometrías deseadas del componente que se obtendrá. En la Figura 5, se verifica que

Figura 5 – Diagrama esquemático simplificado de las etapas de procesamiento de compuestos de carbono reforzados con fibra de carbono.



Fuente: Pardini y Gonçalves (2009).

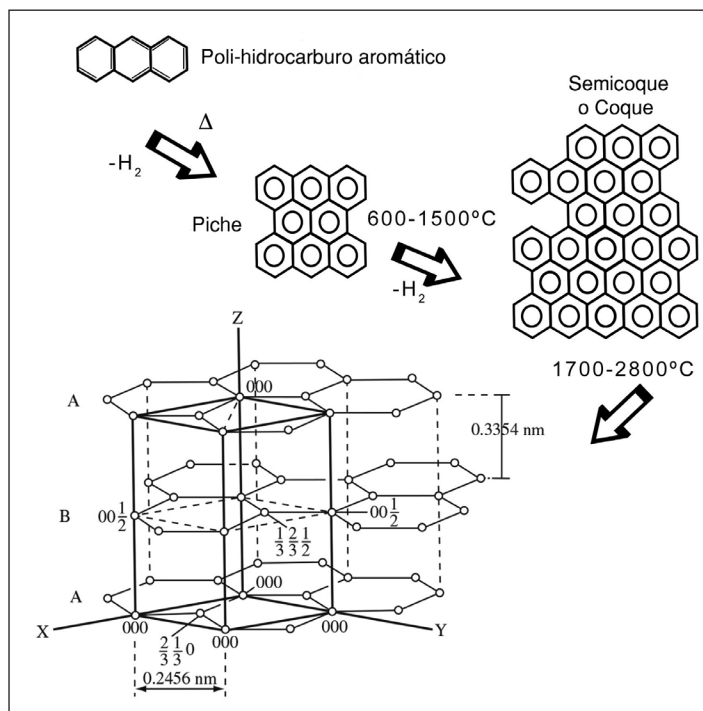
tanto la ruta de procesamiento de compuestos CRFC con matriz a base de resinas termorrígidas, como la ruta que se utiliza de matrices termoplásticas (piches) son procesos de impregnación en fase líquida, en que el sustrato poroso y en el caso de las fibras de carbono (FITZER, MANOCHA, 1988; GONÇALVES, 2008). Finalmente, se tiene la ruta, cuya impregnación ocurre por medio de gas hidrocarburo, que contiene carbono en su molécula, elemento que se descompone en el sustrato poroso de fibras de carbono. En este caso, el proceso de obtención del compuesto se denomina infiltración química en fase gaseosa (CVI).

En el proceso en fase líquida por termorrígido, la matriz precursora está constituida por resinas termorretradas, que curan (polimerizam) a bajas temperaturas ($T < 250^{\circ}\text{C}$) y se convierten en una matriz carbonosa denominada carbono vítreo por procesos de tratamiento térmico (carbonización) en fase sólido a temperaturas próximas a 1000°C (Benedict, 2004). El carbono vítreo tiene una estructura que está más íntimamente relacionada con la de un material no cristalino, con alto brillo y características de fractura como vidrio, de ahí el nombre vítreo, no poseyendo, por lo tanto, estructura regular ordenada, lo que es un factor inconveniente por diversas razones, el principal de ellos, la prevención de grafitización (tratamiento térmico a una temperatura más alta a 2000°C). El carbono vítreo también es frecuentemente denominado carbón polimérico, ya que deriva principalmente de la carbonización de precursores poliméricos (JENKINS, KAWAMURA, 1976). Materiales de carbono obtenidas

a partir de resinas termoestables, resinas a base de fenólicos tienen una gravedad específica de aproximadamente $1,50\text{ g/cm}^3$.

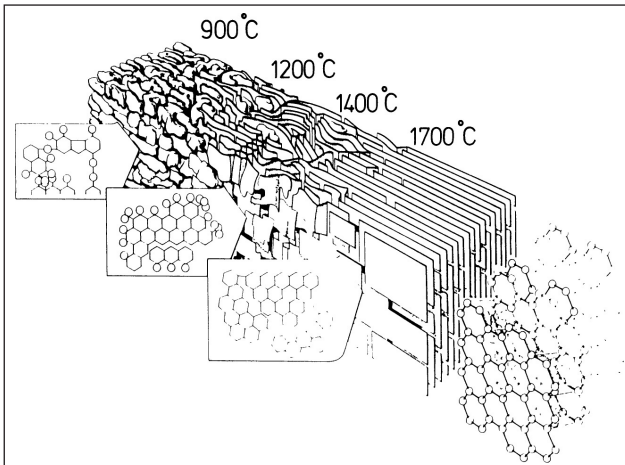
Los procesos de obtención de carbonos en fase líquida por termoplásticos comprenden la utilización de piche, provenientes de piche de petróleo o de alquitrán de hulla (PARDINI, GONÇALVES, 2009). Los pichos son materiales semisólidos viscoelásticos. Bajo tratamiento térmico (temperaturas cercanas a $550\text{--}600^{\circ}\text{C}$), pasan primero por una fase líquida, con una viscosidad mínima, transformándose en un material infusible y termorrígido denominado semicoque. En este caso, si el tratamiento térmico se realiza hasta 1000°C ya la presión atmosférica ($0,1\text{ MPa}$), se produce la pérdida de masa del piche, equivalente al 50% del material inicial, mientras que, bajo tratamiento térmico y presiones superiores a 50 MPa , el rendimiento del material en carbono puede ser superior al 80% en masa (SOHDA, SHINAGAWA, ISHII, 1999). En general, el proceso ocurre por la conversión térmica del piche en material grafitico, Figura 6, en que progresivamente, el material amorfo (piche) es continuamente organizado, por efecto de la temperatura, por el flujo y alineación simultánea de macromoléculas, que a su vez se arreglan y se ordenan, generando planos basales grafiticos apilados y bien orientados (GRIFFITHS; MARSH, 1981; RAND, 1993, YOUNG-JAE; HYEOK JONG, 2004), conforme ilustrado en la Figura 7. Los materiales de carbono obtenidos con piches grafitizados tienen una densidad mayor que $1,9\text{ g/cm}^3$.

Figura 6 – Conversión térmica de piche en grafito.



Fuente: Levy Neto y Pardini (2016, p. 63).

Figura 7 – Ejemplo de la evolución de la grafitización del picho por pirólisis.



Fuente: Marsch y Rodríguez-Reinoso (2006) y Savage (1993).

En resumen, el tratamiento térmico en fase sólida de resinas termorrígidas, como las resinas fenólicas, generan carbonos no grafitizables, consecuentemente, las propiedades termomecánicas no son satisfactorias para la mayoría de las aplicaciones. El uso de presiones elevadas de proceso para materiales termorresos no altera el rendimiento en carbono. Por otro lado, la pirólisis en fase líquida de pichos, resulta en carbonos altamente orientados y grafitizables y con mejores propiedades termomecánicas, teniendo el inconveniente de la necesidad de ser efectuada a altas presiones, considerando que el rendimiento, en carbono, de pichos es función de la carga la presión del proceso (PARDINI, GONÇALVES, 2009, SAVAGE, 1993).

En procedimientos en fase gas, llamados CVI/ infiltración química en fase gaseosa *Chemical Vapour Infiltration* (CVI) o *Chemical Vapour Deposition* (CVD),

gases de hidrocarburos tales como metano, propileno y otro alto contenido de carbono en la molécula, así como líquido vaporizable tal como ciclohexano, queroseno, y otros, se someten al proceso de descomposición térmica a temperaturas en el rango de 800 a 1200 °C, lo que lleva a la deposición de carbono sobre la preforma (PARDINI; GONÇALVES, 2009). Por lo tanto, en el método CVI, los reactivos gaseosos se infiltran en la preforma, mantenida a altas temperaturas, depositando el material de la matriz sobre la estructura de la fibra por medio de reacciones de deposición química por vapor (CVD). A medida que la infiltración ocurre, los depósitos de CVD crecen continuamente para formar la matriz del compuesto. El proceso de CVI resulta en la obtención de material grafitizable, denominado carbono pirolítico.

Se utilizó para el análisis en el presente trabajo una garganta de tobera de cohete, fabricada en compuesto CRFC, utilizada en el motor S43 del IAE, conforme a la Figura 8.

Los análisis por estereomicroscopía, microscopía óptica y microscopía electrónica de exploración se realizaron en muestras retiradas del material compuesto CRFC multidireccional en las regiones del convergente, garganta y divergente.

1.1.3 Estereomicroscopía

La juxtaposición de los términos griegos *stéreo* respecto a dos (doble), y *scopos* respecto a la visión (observador), los resultados en estereoscopia, en relación a la visualización del mismo enfoque por dos mecanismos de formación de imágenes. En líneas generales, cuando en seres humanos, se dice que la imagen percibida por el cerebro resulta de la combinación de dos imágenes captadas, una en cada ojo. Este par de imágenes recibe el nombre de par estereoscópico (del inglés *stereo image pair*).

Figura 8 – Tobera del motor S43.



Fuente: El autor.

Un estéreo es un microscopio óptico que funciona con aumentos de 10X a 90X o hasta 180X con la adición de lentes suplementarios opcionales. Funciona con el uso de dos microscopios completos, inclinados uno en relación al otro a un ángulo de 8 a 12 grados, dependiendo del fabricante. Cada microscopio incluye un objetivo, un ocular y un sistema de construcción, siendo este último del tipo reflexivo o del tipo refractivo. Las dos lentes objetivas y las dos oculares proporcionan a los ojos, ángulos de visión ligeramente diferentes (Figura 9a). En esencia, los ojos izquierdo y derecho visualizan el mismo objeto, pero de una manera diferente. Muy parecido a lo que ocurre con los ojos humanos, estos dos ángulos de visión separados producen una imagen tridimensional, característica que lo hace ideal para examinar superficies de materiales sólidos. La iluminación es también diferente, si se compara con otros tipos de microscopios. Utiliza iluminación reflejada o episcópica para iluminar especímenes. Esto significa que utiliza luz, naturalmente reflejada del objeto. Esto es ideal cuando se trata de muestras espesas u opacas. El equipo se muestra en la Figura 9b.

1.2 Microscopía Óptica (MO)

El análisis por microscopía óptica permite la evaluación de secciones del material, posibilitando visualizar el arreglo de las fibras y la existencia de defectos, como poros, inclusiones y microtrincas. Los materiales de carbono generalmente se observan mediante la reflexión con ayuda de un microscopio óptico, debido a sus altos coeficientes

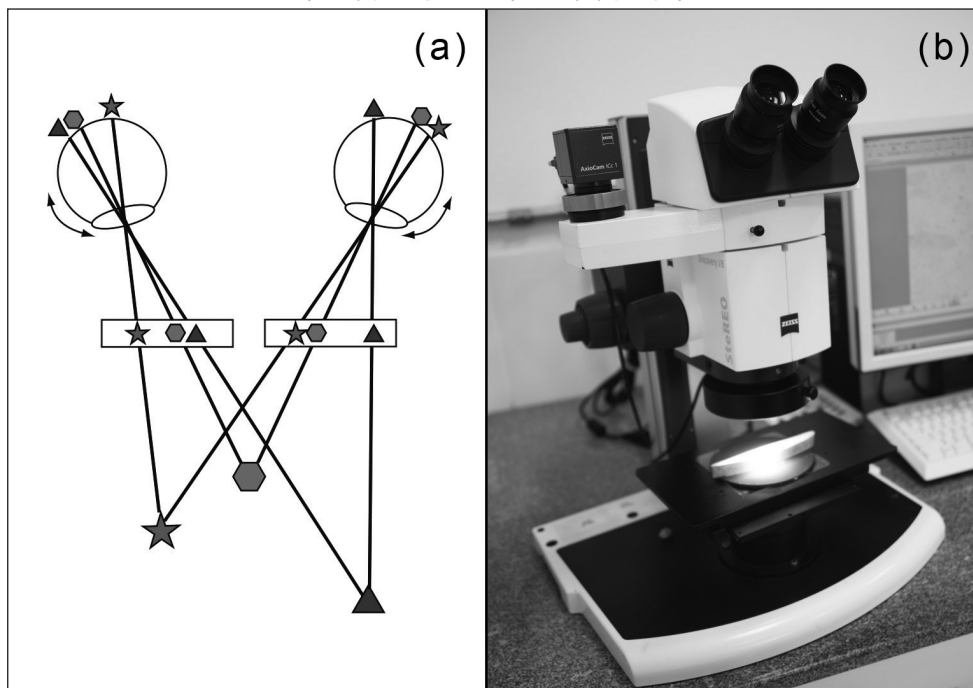
de absorción en longitudes de onda visibles. Por eso, la mayoría de los estudios ópticos en compuestos CRFC usan la reflexión en muestras pulidas (SAVAGE, 1993). La técnica de microscopía óptica consiste en caracterizar los materiales por medio de la observación de la imagen generada por la interacción de un haz de luz colimado con la superficie pulida de la muestra. La señal generada por la interacción entre la fuente y la muestra pasa por un sistema óptico para la obtención de una imagen que es recogida, almacenada y posteriormente interpretada.

1.3 Microscopía Electrónica de Barrido (MEV)

La microscopía electrónica de barrido (MEV) es una técnica de análisis que amplía las dimensiones de la muestra para la visualización de sus estructuras y topografía de sólidos. A diferencia de la microscopía óptica, que utiliza una fuente de luz (fotones) para la observación de la imagen, la MEV utiliza una fuente de electrones aumentando la resolución de las imágenes. Una característica importante de la MEV es la apariencia tridimensional de la imagen de las muestras. Permite también un análisis en pequeños aumentos y amplia profundidad de campo, lo que es extramadadamente útil pues la imagen electrónica complementa la información dada por la imagen óptica (DEDAVID, GOMES, MACHADO, 2007).

El principio de la MEV se basa en la focalización de un haz de electrones que pasa por una columna bajo el vacío, atravesando una serie de lentes electromagnéticas (bobinas) para colimación del haz y enfoque en una determinada región de la muestra.

Figura 9 – Estereomicroscopio. (a) Esquema óptico; y (b) Equipo.



Fuente: Russ (2011).

2 MATERIAL Y MÉTODOS

La evaluación **post-quema** del material de inserto de tobera del motor S43 se realizó por aplicación de técnicas de análisis microscópico después del ensayo de quema del motor. El propelente sólido utilizado en el motor S43 es del tipo compuesto con alto contenido de sólidos que resulta en gases a altas temperaturas. La resina utilizada es el polibutadieno hidroxilado, mezclado con aluminio en polvo y perclorato de amonio.

Se utilizó Estereoscopia, Microscopia Óptica (MO) y Microscopia Electrónica de Barrido (MEV) para la caracterización y también para la evaluación de daños resultantes de la quema a la superficie de los cuerpos de prueba en estudio.

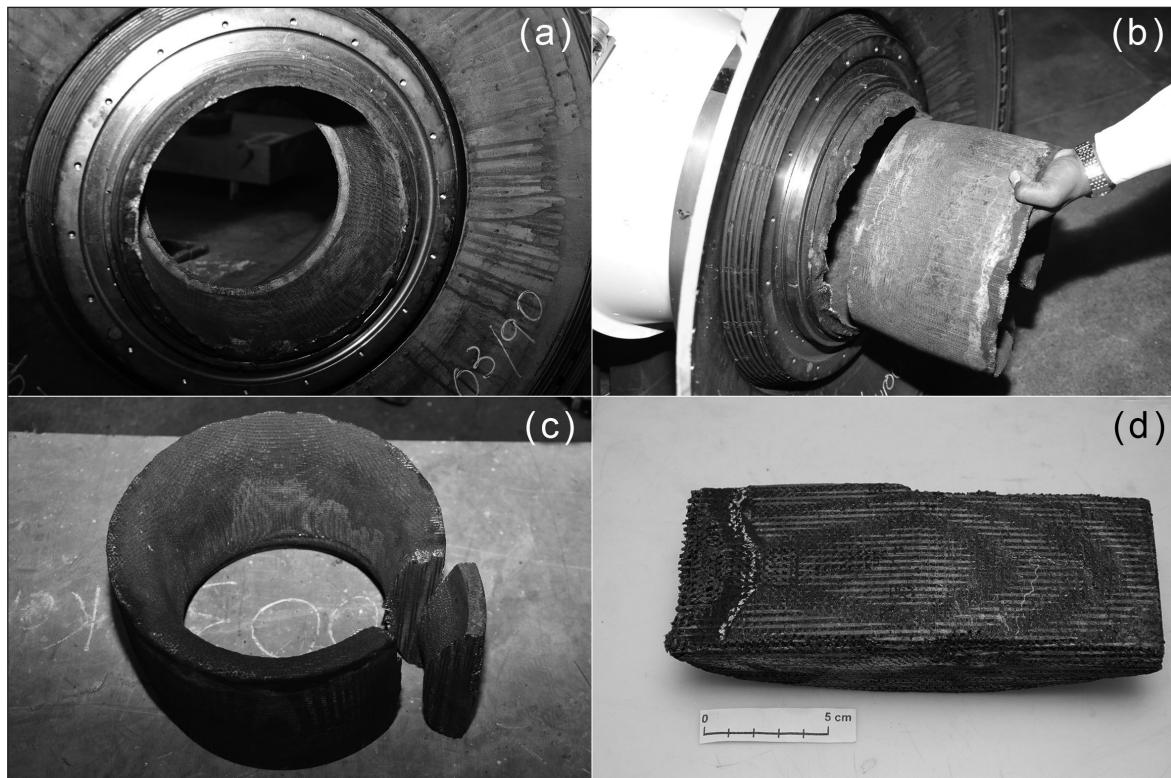
2.1 Materiales

Se evaluaron muestras del material compuesto CRFC en las regiones del convergente, garganta y divergente. El proceso para obtener las muestras siguió las etapas descritas en los ítems 2.1.1 y 2.1.2.

2.1.1 Retirada de las muestras de la tubería del S43 para análisis

La retirada del inserto de la tobera se realizó conforme a las Figuras 10a a 10d. Se observa en la Figura 10a que el inserto/protección térmica está montado en la tubería del motor S43; en la Figura 10b el inserto se extrae de la estructura; en la Figura 10c la retirada de una sección del inserto para análisis; y en la Figura 10d muestra del inserto que fue retirada para el análisis.

Figura 10 – Retiro de la muestra de la inserción/protección térmica de la tobera del S43. (a) Protección térmica montada en la tubería del motor S43; (b) Protección térmica que se extrae de la estructura; (c) Retiro de una sección longitudinal para análisis; (d) Detalle de la muestra retirada para análisis.



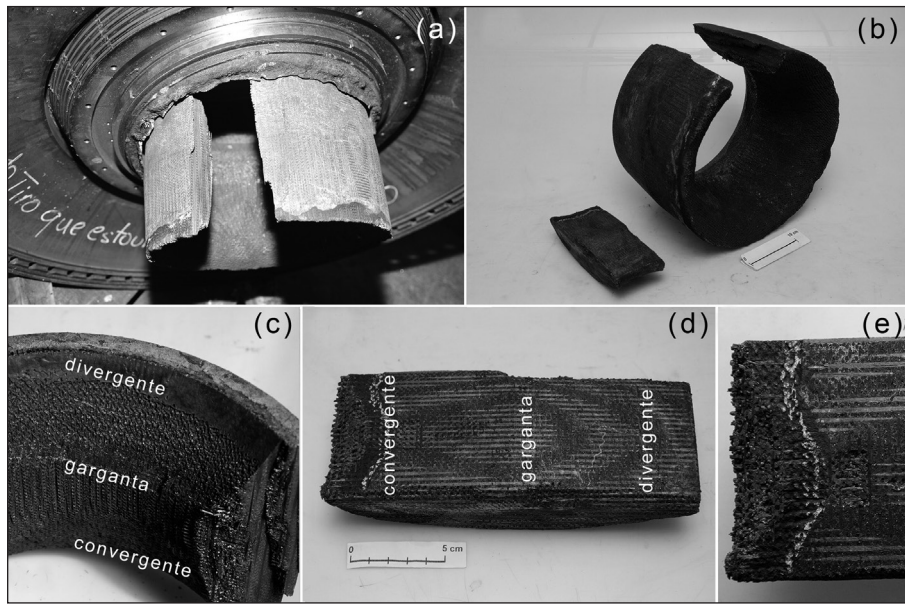
Fuente: El autor.

2.1.2 Subdivisión e identificación de la muestra SPT de la tubería del S43

En la Figura 11a se tiene que del inserto/protección térmica montado en la tubería del motor S43 fue retirada una muestra para análisis. En la Figura 11b se tiene una imagen a la izquierda de la muestra ya la derecha del inserto presentado en la Figura 11a.

Para la caracterización de la muestra presentada en la Figura 10d y en la Figura 11b, se identificaron, tanto en el inserto, Figura 11c, como en la muestra, Figura 11d, las tres regiones internas del inserto (convergente, garganta y divergente). En la Figura 11 se tiene una imagen ampliada de los efectos ablativos del chorro térmico proveniente de la quema del propelente en el convergente de la protección térmica.

Figura 11 – Identificación de las regiones de protección térmica. (a) Muestra para el análisis; (b) Región interna de la protección; (c) Detalle de la región convergente; (d) Muestra retirada de la tubería del motor; (e) Identificación de las regiones del material del inserto.



Fuente: El autor.

2.1.3 Proceso de corte de la muestra

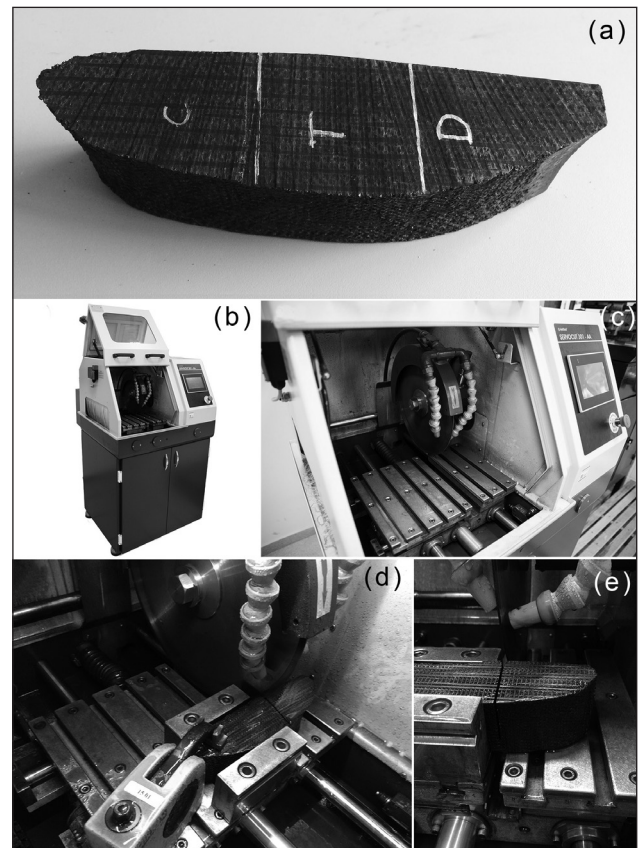
Por convención en el proceso de corte/subdivisión de protección térmica de la muestra S43 de la inserción, la Figura 12a, identificándola con las letras **C**, **T** y **D**, designando respectivamente el convergente, divergente y la garganta. En las Figuras 12b y 12c se tiene el posicionamiento de la muestra en la sierra SERVOCUT mod. 301-AA de METKON y, en las Figuras 12d y 12e, el corte.

Después de la separación de la región convergente de la muestra **C**, identificado en la Figura 12a, se hizo el corte que permitió apartar las muestras de la zona de la garganta **T** y del divergente **D**, Figura 13a. Finalizada la operación de corte, las tres muestras fueron secas en invernadero a una temperatura de 70 °C por 30 min, conforme presentado en la Figura 13b.

Para sistematizar el análisis se realizó, después del secado de las tres muestras, una identificación en cuadrantes, conforme la Figura 14a, en perspectiva, y Figura 14b, en una imagen superior de la muestra.

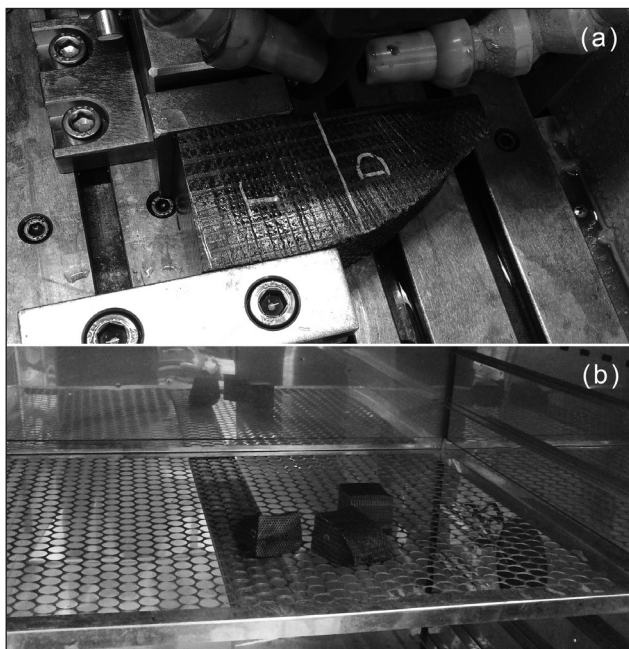
Se observó, sin embargo, la necesidad de realizar un corte adicional a lo largo del espesor de las muestras para obtener una superficie plana y con dimensiones adecuadas para el montaje en el porta-muestra del microscopio.

Figura 12 – Corte de la muestra. (a) Identificación para corte; (b) Equipo utilizado; (c) Compartimiento en el equipo de fijación y corte de la muestra; (d) y (e) Fijación y Corte del convergente C de la muestra.



Fuente: El autor.

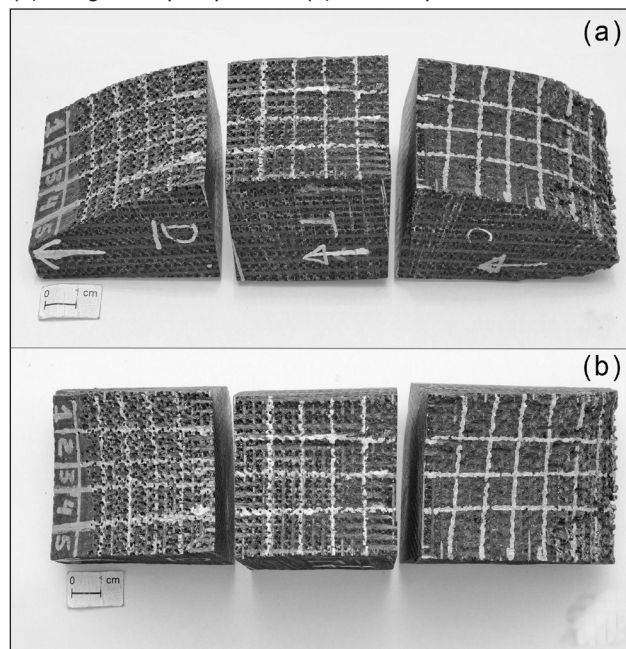
Figura 13 – Muestras. (a) Corte final de la muestra; (b) Secado en invernadero.



Fuente: El autor.

En la Figura 15a se presenta una imagen en perspectiva de la muestra del divergente **D**, garganta **T** y convergente **C**. En la Figura 15b, una imagen superior de las muestras presentadas en la Figura 15a. En la Figura 15c, se tiene el corte longitudinal de la región

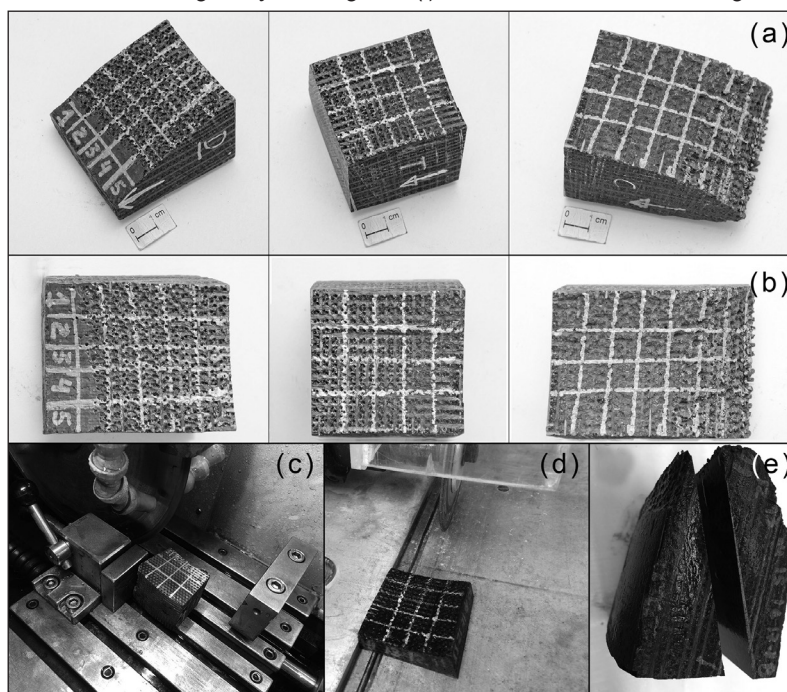
Figura 14 – Demarcación de los cuadrantes de la muestra. (a) Imagen en perspectiva; (b) Vista superior.



Fuente: El autor.

de la garganta, y en la Figura 15d, la sección obtenida después del seccionamiento de la muestra de la garganta. En la Figura 15e tiene una muestra de convergente **C**, que también fue sometida a un corte angular para obtener una superficie plana.

Figura 15 – Corte de la muestra de garganta **T**, del divergente **D** y convergente **C**. (a) Imagen desde la perspectiva de la garganta; (b) Vista superior; (c) Corte de la muestra de la garganta al medio; (d) Muestra obtenida de la garganta; (e) Muestras del divergente y convergente; (f) Muestra obtenida del convergente.



Fuente: El autor.

3 CONCLUSIÓN

Se presentaron conceptos fundamentales de materiales de protección térmica para vehículos lanzadores. Estas protecciones térmicas son internas o externas a los vehículos y están constituidas de materiales ablativos, representados por los compuestos poliméricos o por materiales reirradiativos, representados por los composites termoestructurales.

Se analizó una garganta de tubería de cohete fabricada en compósito CRFC, componente del vehículo S43 del IAE/DCTA. Esta protección térmica, interna al vehículo lanzador, puede presentar características ablativas y reirradiativas.

Los procedimientos referentes a la extracción del inserto de compuesto CRFC, del motor S43, fueron sistematizados. La estrategia de análisis del material fue conducida mediante corte del inserto en tres secciones correspondientes a la región convergente, divergente y de la garganta (sección crítica).

Los análisis fueron realizados por estereoscopia y microscopia óptica.

Los análisis van a indicar las características de erosión y sistematizar el procedimiento de análisis del comportamiento del material, frente a las condiciones de operación a ser presentadas en la Parte II del trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la División de Mecánica (AME), la División de Materiales (AMR) y la División de Integración y Ensayos (AIE) del Instituto de Aeronáutica y Espacio (IAE). A la primera, por la disponibilidad del inserto; a la segunda, por la disponibilidad de equipos en la preparación de las muestras para el análisis; a la última por el apoyo técnico del militar 1S Wandeclyt Martins de Melo en la preparación de las figuras que componen el acervo del Laboratorio de Registro de Imágenes.

REFERENCIAS

- BENTO, M. S. **Estudo cinético da pirólise de precursores de materiais carbonosos**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos: ITA. 215 p. Disponível em: http://www.bdita.bibl.ita.br/tesesdigitais/lista_resumo.phpnum_tese=000530317. Acesso em: 6 jul. 2018.
- DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.
- FITZER, E.; MANOCHA, L. M. **Carbon reinforcements and carbon/carbon composites**. Berlin: Springer-Verlag, 1988. 343 p.
- GONÇALVES, A. **Caracterização de materiais termoestruturais a base de compósitos de carbono reforçados com fibras de carbono (CRFC) e carbonos modificados com carbeto de silício (SiC)**. 2008. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e Aeronáutica. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos: ITA. 226 p. Disponível em: http://www.bdita.bibl.ita.br/tesesdigitais/lista_resumo.php?num_tese=000549057. Acesso em: 6 jul. 2018.
- GRIFFITHS; J.A.; MARSH, H. **Proceedings of 15th Biennial Conf. on Carbon**. University of Pennsylvania, Philadelphia, USA, 1981. p. 22-26.
- JENKINS, G. M.; KAWAMURA, K. **Polymeric carbon: carbon fibre, glass and char**. Cambridge: Cambridge University Press, 1976.
- LAUB, B.; VENKATAPATHY, E. Thermal protection system technology and facility needs for demanding future planetary missions. In: INTERNATIONAL WORKSHOP PLANETARY PROBE ATMOSPHERIC ENTRY AND DESCENT TRAJECTORY ANALYSIS AND SCIENCE. **Proceedings...** Noordwijk: ESA Publications Division, 2003.
- LEVY NETO; F.; PARDINI, L.C. **Compósitos estruturais: ciência e tecnologia**. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2016. 418 p.
- LIUYANG, D.; XING Z.; YIGUANG, W. Comparative ablation behaviors of C/SiC-HfC composites prepared by reactive melt infiltration and precursor infiltration and pyrolysis routes. **Ceramics International**, 43, p. 16114–16120, 2017.
- MARSH, H.; RODRÍGUEZ-REINOSO, F. **Activated carbon**. Amsterdam: Elsevier, 2006.
- PALMERIO, A. F. **Introdução à tecnologia de foguetes**. São José dos Campos, SP: SindCT, 2017.
- PARDINI, L.C.; GONÇALVES, A. Processamento de compósitos termoestruturais de carbono reforçado com fibras de carbono. **Journal of Aerospace Technology and Management**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 231-241, jul. - dez. 2009.
- PULCI, G., et al. Carbon–phenolic ablative materials for re-entry space vehicles: manufacturing and properties, **Composites A** 41, p. 1483–1490, 2010.
- RAND, B. **Matrix precursors for carbon-carbon composites**, Essentials Carbon-Carbon Composites, Chap.3, Royal Soc. of Chemistry, London, UK, 1993. p. 67–102.
- RUSS, J. C. **The Image Processing Handbook**. Sixth Ed, CRC Press, 2011. p.70.
- SAVAGE, G. **Carbon/carbon composites**. London: Chapman & Hall, 1993. 389 p.
- SILVA, H. P.; PARDINI, L.C.; BITTENCOURT, E. Shear properties of carbon fiber/phenolic resin composites heat treated at high temperatures. **Journal of Aerospace Technology and Management** 8, n.3, p. 363-372, 2016.
- SILVA, W. G. **Qualificação de materiais utilizados em sistemas de proteção térmica para veículos espaciais**. Tese (Mestrado em Física dos Plasmas) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, 2009. 112 p. Disponível em: http://www.bdita.bibl.ita.br/tesesdigitais/lista_resumo.php?num_tese=000555112. Acesso em: 6 jul. 2018.
- SOHDA, Y.; SHINAGAWA, M.; ISHII, M. Effect of carbonization pressure on carbon yield in a unit volume. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 30, n. 4, p. 503-506, Apr. 1999.
- SUTTON, G. P. **Rocket propulsion elements**. 8. Ed. New York: Wiley, 1992.
- THIYAGARAJAN, N. **Processing and characterization of reaction formed SiC - based ceramic matrix composites**. Madras: Anna University, 1996.
- WITTMANN; K.; Fundamentals. In: WILFRIED L, WITTMANN K, HALLMANN W. (Ed.). **Handbook of Space Technology**. United Kingdom: John Wiley and Sons, 2009. p. 33-113.
- YONG-JIE, W. et al. Ablation behavior of a TaC coating on SiC coated C/C composites at different temperatures, **Ceramics International**, 39, p. 359–365, 2013.
- YOUNG-JAE L.; HYEOK JONG J. Investigation on ablation behavior of CFRC composites prepared at different pressure. **Composites: Part A** 35,1285–1290, 2004.

A influência do afastamento da atividade aérea no desempenho do piloto de F-5M¹

The influence of air activity removal on the performance an F-5M pilot¹

La influencia del alejamiento de la actividad aérea en el rendimiento del piloto de F-5M¹

Andrei Henning Salmoria¹

RESUMO

Este artigo científico propõe avaliar em que medida o afastamento acima de 90 dias influencia no desempenho de pilotos experientes da aeronave F-5M nas missões de combate aéreo visual. Como base teórica, foram utilizados os estudos de Mager e Pipe (1979) sobre problemas de desempenho e Stillon (1999) acerca de habilidades de pilotos de caça na USAF. Dessa forma, foram identificadas nas pesquisas de Fórneas (2015) quais as habilidades necessárias ao piloto de F-5M nas missões de WVR. Posteriormente, a fim de identificar quais habilidades são afetadas quando o piloto de F-5M fica afastado por mais de 90 dias das missões de WVR, foi encaminhado um questionário de cinco pontos na escala de Likert (1932) a 39 pilotos de três Esquadrões de F-5M da FAB que ficaram mais de 90 dias sem voar esse tipo de missão nos anos de 2016 e 2017. A degradação das habilidades foi analisada de duas maneiras: em conjunto e separadas por habilidades gerais e ar-ar (BIGELOW et al., 2003). Igualmente, os pilotos foram analisados em grupo e separados por níveis de experiência. Os resultados indicaram a necessidade do estabelecimento de novos limites para a periodicidade do treinamento. Dessa forma, as conclusões obtidas por este trabalho servirão de embasamento para decisões futuras acerca do treinamento de pilotos de caça e da consequente manutenção das habilidades obtidas nas formações iniciais, sendo útil inclusive à formulação do programa de treinamento do F-39 - Gripen.

Palavras-chave: Afastamento. Atividade aérea. Desempenho. F-5M.

ABSTRACT

This scientific paper proposes to assess to what extent the time away longer than 90 days influences the performance of expert pilots of the F-5M aircraft in airborne visual combat missions. As a theoretical basis, we used the studies by Mager and Pipe (1979) on performance problems and Stillon (1999) on the skills of fighter pilots in the USAF. Thus, the skills required for the F-5M pilot in the WVR missions were identified in the research of Fórneas (2015). Later, in order to identify which skills are affected when the F-5M pilot is removed for more than 90 days from the WVR missions, a five-point Likert scale questionnaire (1932) was forwarded to 39 pilots from three F-5M FAB Squadrons that remained more than 90 days without flying this type of mission in the years of 2016 and 2017. The skill degradation was analyzed in two ways: as a set and separated by general skills and air-air (BIGELOW et al., 2003). Likewise, the pilots were analyzed in groups and separated by experience levels. The results indicated the need to establish new limits for the training frequency. Thus, the conclusions obtained by this work will serve as a basis for future decisions about the training of fighter pilots and the consequent maintenance of the skills obtained in the initial trainings, being useful even to the formulation of the F-39 - Gripen training program.

Keywords: Removal. Airborne activity. Performance. F-5M.

I. Segundo do Quinto Grupo de Aviação (2º/5º GAV) – Parnamirim/RN – Brasil. Capitão Aviador da Força Aérea Brasileira (FAB). E-mail: salmoriaahs@fab.mil.br

Recebido: 11/05/18

Aceito: 18/10/18

¹ F-5M: aeronave estadunidense operada pela FAB desde 1975. Em 2005, teve seus sistemas **modernizados** pela Empresa Brasileira de Aeronáutica (EMBRAER), daí a designação F-5M.

RESUMEN

Este artículo científico propone evaluar en qué medida el alejamiento de más de 90 días influye en el desempeño de pilotos experimentados de la aeronave F-5M en las misiones de combate aéreo visual. Como base teórica, se utilizaron los estudios de Mager y Pipe (1979) sobre problemas de rendimiento y Stillon (1999) sobre las habilidades de los pilotos de caza en la USAF. De esta forma, se identificaron en las encuestas de Fórneas (2015) las habilidades necesarias para el piloto de F-5M en las misiones de WVR. Posteriormente, para identificar qué habilidades se ven afectadas cuando el piloto de F-5M se aleja por más de 90 días de las misiones de WVR, se envió un cuestionario de cinco puntos en la escala de Likert (1932) a 39 pilotos de tres Escuadrones F-5M de la FAB que se quedaron más de 90 días sin volar ese tipo de misión en los años 2016 y 2017. La degradación de las habilidades fue analizada de dos maneras: en conjunto y separadas por habilidades generales y aire-aire (BIGELOW et al., 2003). Asimismo, los pilotos fueron analizados en grupo y separados por niveles de experiencia. Los resultados indicaron la necesidad de establecer nuevos límites para la periodicidad del entrenamiento. Por lo tanto, las conclusiones de este trabajo servirán de base para futuras decisiones sobre la formación de los pilotos de caza y el posterior mantenimiento de las habilidades obtenidas en la formación inicial, además de ser útil para la formulación del programa de formación del F-39 - Gripen.

Palabras clave: Alejamiento. Actividad aérea. Rendimiento. F-5M.

1 INTRODUÇÃO

O Primeiro Grupo de Aviação de Caça (1º GAvCa), o Primeiro do Décimo Quarto Grupo de Aviação (1º/14º GAV) e o 1º Grupo de Defesa Aérea (1º GDA) são organizações congêneres da Força Aérea Brasileira (FAB) que possuem atribuição dupla: formar novos pilotos de F-5M e manter os pilotos operacionais preparados para o emprego.

A missão de capacitar e manter-se preparado para o combate é um foco caro à nação, como ressaltado na Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2013).

Apesar da dificuldade, é indispensável para as Forças Armadas de um País com as características do nosso, manter, em meio à paz, o impulso de se preparar para o combate e de cultivar, em prol desse preparo, o hábito da transformação. (BRASIL, 2013, p. 1).

Atenta à transformação e com olhos no futuro, a Força Aérea Brasileira (FAB) modernizou-se e emitiu a Concepção Estratégica Força Aérea 100, DCA 11-45² (BRASIL, 2017), que reafirma o compromisso com o preparo e a qualificação do pessoal.

Um sistema de arma eficaz operado por pessoal qualificado e com visão inovadora é um conjunto muito poderoso. A FAB deve ser capaz de modernizar suas técnicas de formação, especialização, preservando as normas e disciplina necessárias para alcançar a eficácia identificada na visão da FAB para o futuro. (BRASIL, 2017, p. 32).

A capacitação e a manutenção operacional dos pilotos de F-5M da FAB são definidas pelo Comando de Preparo (COMPREP) por meio de suas Diretrizes de Preparo (DIPREP) que definem os mínimos operacionais a serem cumpridos pelos pilotos no decorrer de um ano nas diversas missões aplicáveis ao F-5M. Outro documento balizador é o Programa de Manutenção Operacional (PIMO), documento emitido pela ALA³ a qual o Esquadrão Aéreo estiver subordinado e que define como cada Esquadrão utilizará o seu esforço aéreo a fim de manter seus pilotos treinados.

As diretrizes e o PIMO determinam as missões que serão treinadas a fim de manter as habilidades dos pilotos em dia, todavia não definem a regularidade ou um limite de tempo máximo entre os treinamentos. No jargão da aviação, quando o piloto fica longo período sem voar, ele é submetido a um novo treinamento que se denomina **readaptação**, o qual visa fazer o piloto readquirir as capacidades degradadas pelo afastamento. As DIPREP estabelecem os programas de readaptação a serem realizados em caso de afastamento total da atividade aérea, mas não definem o afastamento máximo por tipo de missão.

A *United States Air Force* (USAF) estabelece a perda de adaptação e consequente perda de proficiência para diversos tipos de missões, separando os pilotos em experientes e inexperientes. Tomando como parâmetro a missão típica de um caça, o Combate Aéreo Visual (*Within Visual Range* – WVR), um piloto estadunidense experiente na aeronave F-16 perde a proficiência ao deixar de voar essa missão por mais de 90 dias, conforme *Air Force Instruction* (AFI)

² DCA: Diretriz do Comando da Aeronáutica.

³ ALA: Organização do Comando de Preparo (COMPREP) a qual o Esquadrão Aéreo é subordinado.

11-2F-16V1 – F-16 *Pilot Training* (UNITED STATES OF AMERICA, 2015). As demais aeronaves de caça da USAF utilizam os mesmos parâmetros.

O autor, no decorrer da sua vida operacional, presenciou pilotos que voltaram a voar determinada missão após muito tempo afastados e, nessas ocasiões, esses pilotos comentaram o esquecimento ou a dificuldade na execução de procedimentos. Essas falhas podem ser consideradas como a degradação de uma habilidade existente anteriormente, uma vez que se entende como habilidade a

capacidade de colocar seus conhecimentos em ação para gerar resultados, domínio de técnicas, talentos, capacidades – SABER FAZER. (GRAMIGNA, 2007, p. 50).

Partindo dessas observações, buscou-se estudar a influência do afastamento da atividade aérea no desempenho do piloto de F-5M. Esse quadro conduziu ao problema de pesquisa: em que medida o afastamento acima de 90 dias influencia no desempenho de pilotos experientes da aeronave F-5M nas missões de combate aéreo visual?

Ao analisar o desempenho humano, inevitavelmente remete-se à ergonomia, que é a disciplina científica preocupada com a compreensão das interações entre seres humanos e outros elementos do sistema, e a profissão que aplica teorias, princípios, dados e métodos a projetos, a fim de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema (DUL; WEERDMEESTER, 2008). A ergonomia possui três domínios: ergonomia física (características da anatomia humana), cognitiva (processos mentais como: percepção, raciocínio, memória e resposta motora) e organizacional (otimização de estruturas, políticas e processos).

A análise acerca do tema recaiu sobre os domínios cognitivo e organizacional da ergonomia. Entretanto, pode-se verificar também, que a ergonomia física está ligada ao desempenho do piloto de caça e igualmente possa ser afetada pela periodicidade do treinamento, mas que não foi objeto de estudo deste trabalho.

Com vistas à delimitação da pesquisa, foram analisados apenas os pilotos experientes dos Esquadrões que possuem realidade semelhante: 1º GAvCa, 1º/14º GAV e 1º GDA. Uma vez que a FAB não classifica seus pilotos como experientes ou inexperientes, foi adotada a padronização da USAF estabelecida na AFI-11-412 – *Aircrew Management*, sendo considerados experientes; os pilotos que possuam 500 h na aeronave (UNITED STATES OF AMERICA, 2009a) ou pilotos que possuam 100 h na aeronave, mas já tenham atingido a marca de experiente em outra aeronave de caça, conforme esclarece Bigelow et al. (2003).

Para condução da pesquisa, foram definidas duas questões norteadoras: a) quais as habilidades necessárias ao piloto de F-5M nas missões de combate aéreo visual?; e b) quais habilidades são afetadas quando um piloto experiente de F-5M fica afastado mais de 90 dias das missões de combate aéreo visual?

Dessa forma, procurou-se avaliar em que medida o afastamento acima de 90 dias influencia no desempenho de pilotos experientes da aeronave F-5M nas missões de combate aéreo visual.

Apresenta-se como objetivos específicos: a) identificar as habilidades necessárias ao piloto de F-5M nas missões de combate aéreo visual; e b) identificar as habilidades que são afetadas quando um piloto experiente de F-5M fica afastado mais de 90 dias nas missões de combate aéreo visual.

Embora a pesquisa se restrinja aos pilotos de F-5M, espera-se que ela sirva de referência para fundamentar decisões futuras acerca da periodicidade do treinamento de pilotos de caça e da consequente manutenção das habilidades obtidas nas formações iniciais. O F-39⁴ trará diversas inovações tecnológicas à Aviação de Caça Brasileira, todavia o material humano que guarnecerá as naves manterá suas características, que, se bem exploradas, formarão o conjunto poderoso almejado pela Concepção Estratégica Força Aérea 100 (BRASIL, 2017).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esse trabalho teve como base teórica os estudos de Stillon (1999) e Mager e Pipe (1979).

A preocupação com a manutenção do preparo e das habilidades dos combatentes, em especial dos pilotos de caça, não é uma particularidade brasileira. Outras forças aéreas do mundo possuem a mesma preocupação. Stillon (1999) estudou o impacto da falta de treinamento no desempenho do piloto de caça da USAF. Quanto ao combate aéreo, ressaltou a sua complexidade, considerando uma das missões que demandam maior engajamento do piloto em tarefas cognitivas e físicas.

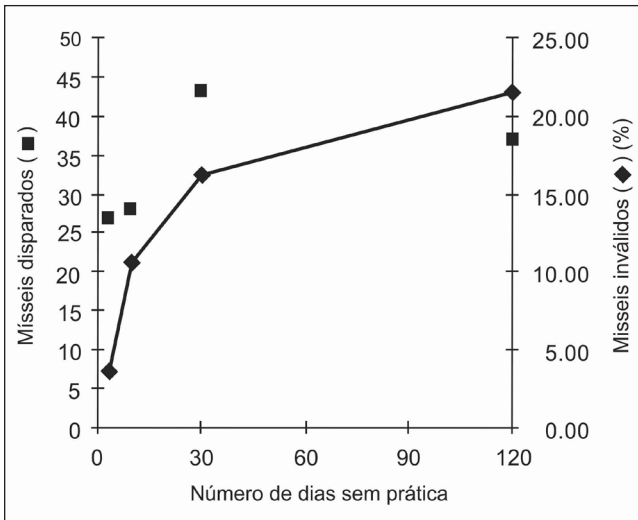
Em seu estudo, foram analisados 137 disparos de mísseis simulados da aeronave F-16. Desses, 19 foram invalidados por erros de procedimentos. Stillon (1999) buscou então verificar a relação existente entre número de pilotos experientes e a prática recente. Seu levantamento limitou-se a analisar a qualidade de tiro, não levando em consideração as demais habilidades do piloto nesse tipo de missão.

Ao analisar os disparos, verificou que pilotos que haviam empregado míssil nos últimos 10 dias possuíam uma taxa

⁴ F-39: aeronave de caça em desenvolvimento pela Suécia, denominada Gripen NG. Foi adquirida pelo Brasil por meio do programa FX-2. Essa aeronave substituirá a aeronave F-5M na FAB.

de acerto de 93%, enquanto pilotos que haviam empregado míssil há mais 90 dias possuíam taxa de acerto inferior a 80%, conforme ilustra a Figura 1. Chegou a conclusão de que [...] o desempenho das habilidades em combate aéreo são mais dependentes da frequência e da regularidade do que da experiência [...] (STILLON, 1999, p. 84, tradução nossa).

Figura 1 – Número e porcentagem de mísseis invalidados em relação ao número de dias sem prática.



Fonte: Stillon (1999, p. 83, tradução nossa).

Os autores Mager e Pipe (1979) abordam o tema sob a ótica do desempenho humano, reforçando as conclusões de Stillon (1999) que, “Quanto mais crítica for a habilidade, mais importante é que a prática seja propiciada” (MAGER; PIPE, 1979, p. 32).

Embora os pilotos de caça sejam muito exigidos em sua formação, muitas vezes é difícil acompanhar os avanços tecnológicos, pois as novas tecnologias aeroembarcadas tornam-se a cada dia mais complexas. O impacto dessa complexidade é sentido diretamente pelo piloto que terá que gerenciar todos esses novos recursos, modos e opções em uma diversidade de circunstâncias operacionais (WOODS; SARTER, 1998). Nesse contexto,

o piloto torna-se o elo mais fraco do processo. Sob a ótica da ergonomia organizacional, faz-se necessária a adoção de alguma otimização, e Mager e Pipe (1979, p. 39) propõem uma atitude institucional.

Quanto mais complexa a tarefa, ou quanto mais crítica, isto é, quanto mais requisitos houver quanto a acurácia do desempenho, mais motivos teremos para oferecer uma ajuda em vez de esperar simplesmente que as pessoas sejam “muito treinadas”. Se você tiver uma função que é desempenhada com pouca frequência, e que ao mesmo tempo seja crítica, você tem todos os motivos para procurar meios de reduzir a necessidade de uso de habilidades humanas tais como memória e julgamento.

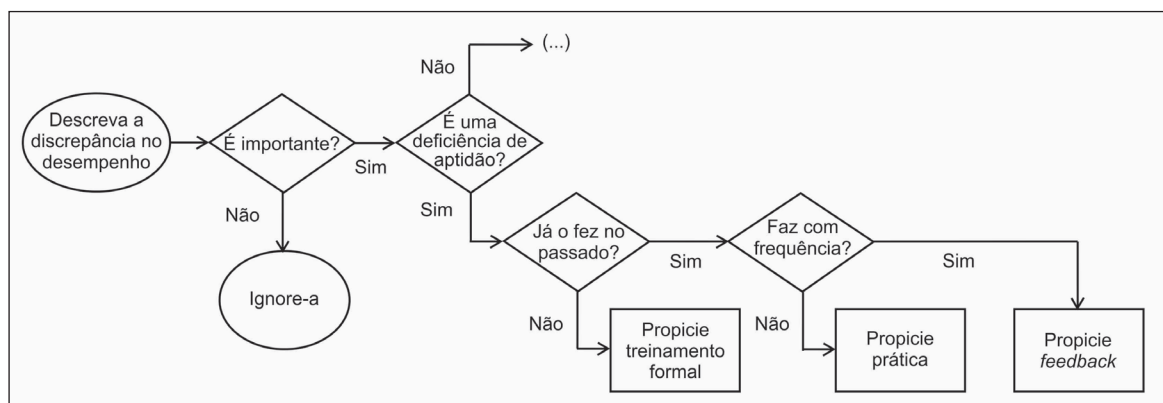
Os autores propõem uma sistemática, por meio de perguntas, que visa encontrar soluções para problemas de desempenho, conforme a Figura 2.

Esta pesquisa utilizou-se do fluxograma apresentado na Figura 2, respondendo as perguntas propostas. Ou seja, inicialmente foi identificado se havia uma discrepância no desempenho de pilotos que ficaram afastados por mais de 90 dias das missões de combate visual. Pilotos que se encontraram nessa situação afirmaram discrepâncias de desempenho.

A USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2015) utiliza 90 dias de afastamento das missões de WVR como uma referência para proporcionar nova prática a seus pilotos. Stillon (1999) pontuou que a falta de periodicidade é preponderante e que pilotos que ficaram afastados por mais de 90 dias apresentaram discrepâncias superiores a 20%. Adotando essa referência temporal, a pesquisa buscou atingir o seu objetivo de identificar em que medida o afastamento acima de 90 dias influencia no desempenho de pilotos experientes da aeronave F-5M nas missões de combate aéreo visual.

Ao identificar as discrepâncias de habilidade, a resposta foi **sim** para as três perguntas seguintes do fluxo. É importante? Sim, uma vez que é uma habilidade esperada do piloto de F-5M. É uma deficiência de aptidão? Para Mager e Pipe (1979), uma forma prática

Figura 2 – Fluxograma para encontrar soluções para problemas de desempenho.



Fonte: Adaptado de Mager e Pipe (1979, p. 3).

de se identificar quando uma deficiência de aptidão é questionar se ela a executaria, caso a vida da pessoa em questão dependesse da habilidade. Se, mesmo assim, não conseguisse executar, é porque se constitui em uma deficiência de aptidão. Uma vez que o piloto de caça é treinado para o conflito, entende-se que ele lutará como treina. Por fim, uma vez que o universo pesquisado foi de pilotos experientes, logo, o piloto já o fez no passado.

O que levaria à última questão é com respeito a frequência de treinamento. Uma vez que a pesquisa chegou a esse ponto do fluxo, ela reafirmou a coerência da periodicidade de treinamento adotada pela USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2015) e também observada por Stillon (1999). Constata-se, assim, que o afastamento da atividade aérea influencia no desempenho.

Com vistas a avaliar em que medida se dá essa influência, foi utilizada como categorias de análise a divisão das habilidades de pilotos para o emprego tático adotada pela USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2009b) e por Bigelow et al. (2003). Ambos os referenciais dividem as habilidades em gerais e específicas ar-ar. As habilidades gerais são as comuns a diversas missões desempenhadas pela aeronave, como, por exemplo, busca visual ou radar, que é útil aos voos de interceptação e ao combate WVR. As habilidades ar-ar, por sua vez, são aquelas desempenhadas exclusivamente nesse tipo de missão.

3 METODOLOGIA

Com base no objetivo geral, foi realizada uma pesquisa descritiva (GIL, 2002) que buscou identificar a relação entre as variáveis **afastamento superior a 90 dias e desempenho de pilotos experientes de F-5M em missões de combate aéreo visual**.

Quanto aos procedimentos técnicos para levantamentos dos dados, a pesquisa caracterizou-se pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento se desejava conhecer, no caso, os pilotos experientes de F-5M. Foi escolhida a pesquisa de levantamento por suas vantagens em propiciar o conhecimento direto da realidade, a economia e rapidez e a quantificação. Fatores esses que foram explorados no decorrer do estudo.

Inicialmente foram analisados os resultados encontrados por Fórneas (2015), que buscou identificar, pelo método Delphi, as habilidades necessárias ao piloto operacional de F-5M. Para determinar essas habilidades, o autor em questão realizou duas rodadas do método Delphi com 10 especialistas na aeronave e na Aviação de Caça. Na primeira rodada, foram identificadas todas as competências, na segunda, foi verificado o consenso entre os especialistas.

Foram considerados especialistas instrutores de F-5M que tivessem mais de 500 h na aeronave, participado de pelo menos duas manobras internacionais como *Red Flag*⁵, *SALITRE*⁶ ou *CRUZEX*⁷ e voador com *Head Mounted Display* (HMD)⁸ de maneira integrada com o míssil *Python IV*⁹ em missões operacionais.

De maneira a delimitar a amostra da pesquisa, foram consultados os Chefes da Seção de Estatística do 1º GAVCA, 1º/14º GAV e 1º GDA a fim de identificar quais pilotos desses Esquadrões possuíam os critérios para serem considerados experientes e que ficaram afastados das missões de WVR, na função de 1P¹⁰, por tempo superior a 90 dias nos anos de 2016 e 2017, excluindo o autor. O período foi adotado pela semelhança na quantidade de horas de voo distribuídas a cada piloto, obtendo-se assim as mesmas características básicas da população quanto ao fenômeno pesquisado (CORREA, 2003). Nessa consulta, foram identificados 39 pilotos de F-5M que cumpriam os requisitos estabelecidos.

A seguir, foi utilizado o questionário como ferramenta de coleta de dados (GIL, 2002), composto de perguntas estruturadas com o objetivo de identificar, no domínio da ergonomia cognitiva, se alguma das 25 habilidades é degradada quando o piloto experiente de F-5M fica afastado mais de 90 dias nas missões de WVR. O questionário é original e foi baseado em respostas de cinco pontos na escala proposta por Likert (1932). Para verificar a sua coerência e consistência, o questionário foi pré-testado em pilotos experientes de F-5M não pertencentes à amostra e, posteriormente, foi remetido aos 39 pilotos identificados anteriormente (GÜNTHER, 2003).

Como pergunta introdutória; foi questionada a experiência do respondente, que foi dividida em três faixas: pilotos com experiência entre 100 e 250 horas na aeronave F-5M, entre 250 e 500 horas, e com mais de 500 horas. Essa abordagem visou identificar se a experiência do piloto na aeronave altera a sua percepção quanto à influência do afastamento. Assim, buscou-se comparar-se as constatações de que a frequência de treinamento em combate aéreo é mais determinante que a experiência (STILLON, 1999) também se são aplicáveis à realidade brasileira.

Os três Esquadrões estudados possuem no total um universo de 60 pilotos, dentre os quais, pilotos em formação e pilotos que mantiveram periodicidade de treinamento inferior aos 90 dias estipulados. Dessa forma, foi aplicado o método indutivo, utilizando-se os dados da amostra de 39 pilotos, inferindo-se o resultado ao universo de 60 pilotos de F-5M dos três Esquadrões. Uma amostra mínima desejada de 33 respondentes foi considerada para um grau de confiabilidade de 90%, com 10% de margem de erro, conforme estabelecido por Cochran (1965).

⁵ *Red Flag*: exercício operacional multinacional organizado pela USAF.

⁶ *SALITRE*: exercício operacional multinacional organizado pela Força Aérea do Chile.

⁷ *CRUZEX*: exercício operacional multinacional organizado pela FAB.

⁸ HMD: capacete com capacidade de projetar em sua viseira informações para o piloto, inclusive para pontaria de mísseis.

⁹ *Python IV*: míssil infravermelho de 4ª geração fabricado pela empresa israelense Rafael.

¹⁰ 1P: primeiro piloto.

Como abordado anteriormente, um voo de combate WVR é complexo e quantificar a performance dos pilotos é mais difícil do que em outros tipos de missão (STILLON, 1999). Essa foi uma limitação da pesquisa, uma vez que a complexidade e a degradação de desempenho dos pilotos só seriam verificadas fielmente com a realização de inúmeros voos e coleta de dados imediata. Assim sendo, diante do tempo e dos recursos disponíveis, essa pesquisa buscou, por meio do questionário aplicado, captar a percepção e a concordância do piloto quanto à degradação das habilidades que estão diretamente relacionadas com o desempenho desse piloto, conforme constataram Hart e Staveland (1988).

As experiências subjetivas estendem-se além da sua associação com classificações subjetivas. As experiências fenomenológicas de operadores humanos afetam os comportamentos subseqüentes e, portanto, afetam sua performance e respostas fisiológicas a uma situação. (HART; STAVELAND, 1988, p. 3).

De posse dos dados colhidos, foi efetuada uma avaliação da concordância do universo pesquisado no

que tange a cada habilidade. Quanto aos procedimentos de análise, foram utilizados quadros, gráficos e estatística descritiva, com o uso de mediana, que se mostram técnicas apropriadas para uma escala de Likert (GÜNTHER, 2003). Após a avaliação de cada habilidade, foi realizada a avaliação por categoria de análise: habilidades gerais e habilidades ar-ar. Dessa forma, pretendeu-se chegar à resposta da pergunta de pesquisa e, conseqüentemente, atingir o objetivo proposto para esse projeto científico.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Fruto da análise dos estudos de Fórneas (2015), foram identificadas 25 habilidades necessárias ao piloto de F-5M nas missões de combate WVR, apresentadas no Quadro 1.

A fim de facilitar a análise, essas 25 habilidades foram divididas em dois subgrupos de habilidades de pilotos para o emprego tático, conforme prevê a USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2009b) e Bigelow et al. (2003). Essa divisão resultou em 12 habilidades consideradas como gerais e 13 habilidades como específicas das missões ar-ar conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Habilidades necessárias ao piloto de F-5M em missões de combate visual divididas em habilidades para o Emprego Tático: gerais e ar-ar.

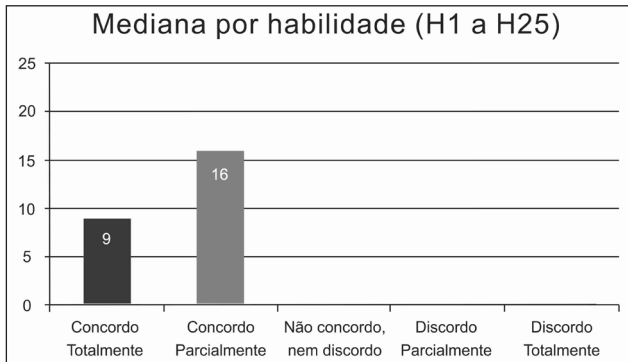
Habilidades para Emprego Tático	
Habilidades gerais	Habilidades missões ar-ar
H1 - Selecionar o armamento adequado à situação?	H2 – Empregar o míssil <i>Python-4</i> nas três escravizações (<i>bore sight</i> , RDR e HMD)?
H6 – Gerenciar diversos sistemas simultaneamente (aeronave, radar, armamento, combustível, HMD, etc)?	H3 – Empregar o míssil <i>Python-3</i> nas três escravizações (<i>bore sight</i> , RDR e HMD)?
H7 – Realizar a busca radar escravizada ao HMD (ACM <i>bore sight</i>)?	H4 – Empregar o míssil <i>Derby</i> em uma arena WVR – <i>within visual range</i> (LOBL – <i>Lock-on Before Launch</i>) explorando suas características de curto alcance?
H8 – Utilizar corretamente os modos <i>Air combat modes</i> (ACM) quando no submodo <i>dogfight</i> ?	H5 – Empregar o armamento de cano da aeronave (canhão 20mm)?
H11 – Operar o sistema HOTAS (<i>Hands On Throttle And Stick</i>) da aeronave (comandos de voo, armamento, RDR, HMD e EW)?	H9 – Realizar o lançamento lateral do <i>Python-4</i> utilizando a escravização no HMD?
H13 – Realizar as defesas trabalhando o motor (IRCM)?	H10 – Utilizar a escravização radar dos mísseis quando a situação exigir?
H14 – Utilizar corretamente as contramedidas (<i>Chaff/Flare</i>) sempre que houver ameaça de míssil <i>infrared</i>	H12 – Manobrar sua aeronave para posicionar-se em posição de empregar o armamento no menor tempo possível?
H16 – Utilizar radar de bordo nos modos ar-ar (interceptação e <i>dogfight</i>)?	H15 – Realizar perfis de interceptação geometria de interceptação para maximizar a vantagem no combate visual (tática de 1 curva, com lançamento antes do cruzamento)?
H17 – Utilizar o HMD nos modos ar-ar (interceptação e <i>dogfight</i>)?	H18 – Coordenar o trabalho de sua dupla gerenciando o posicionamento do ala?
H19 – Manter uma elevada consciência situacional em relação às ameaças?	H21 – Realizar corretamente as manobras básicas e avançadas de combate visual?
H20 – Realizar boa técnica de busca visual?	H23 – Utilizar corretamente fraseologia de combate?
H22 – Manobrar a aeronave de acordo com a interpretação do RWR?	H24 – Aplicar corretamente as funções de caça livre e suporte?
	H25 – Utilizar o modo radar de maneira adequada para obtenção do contato RDR e o emprego do armamento?

Fonte: Adaptado de Fórneas (2015, p. 28).

De posse dessas habilidades, foi confeccionado o questionário que, após pré-testado, foi enviado aos 39 pilotos da amostra, tendo sido recebidas 38 respostas. Com isso, pode-se induzir que as respostas obtidas são aplicáveis ao universo de 60 pilotos dos três Esquadrões estudados, com 95% de confiabilidade e com 10% de margem de erro (COCHRAN, 1965).

Segundo a percepção dos pilotos estudados, as 25 habilidades necessárias ao piloto de F-5M nas missões de WVR; foram consideradas degradadas devido ao afastamento da atividade aérea por mais de 90 dias. Nove delas (36%) apresentaram grau **Concordo Totalmente** e 16 delas (64%) grau **Concordo Parcialmente**. Nenhuma mediana (0%) apresentou grau **nem concordo, nem discordo, discordo parcialmente** e **discordo totalmente**, conforme apresentado na Figura 3. As respostas **Não observado** foram desconsideradas e não influenciaram na análise, conforme indica Günther (2003).

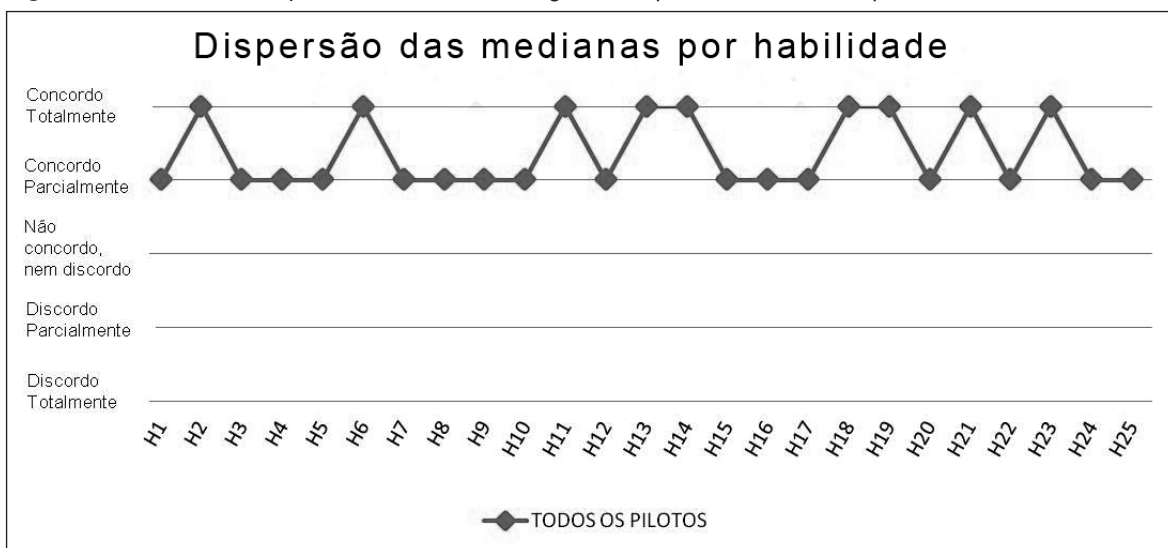
Figura 3 – Resultados das medianas por habilidade.



Fonte: O autor.

Analisando-se cada habilidade separadamente, encontrou-se o resultado, conforme a Figura 4.

Figura 4 – Concordância quanto às habilidades degradadas pelo afastamento superior a 90 dias.



Fonte: O autor.

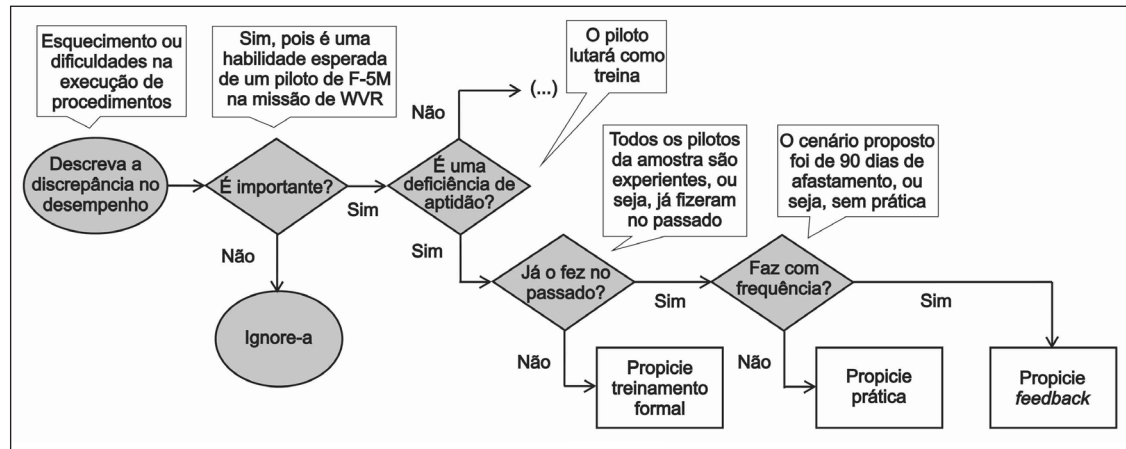
Isso nos levou a concluir quais habilidades são afetadas quando um piloto experiente de F-5M fica afastado mais de 90 dias nas missões de combate aéreo visual.

Considerando que todas as habilidades foram de algum modo degradadas, respondeu-se **sim** para as quatro primeiras perguntas do fluxograma proposto por Mager e Pipe (1979). a) Descreva a discrepância de desempenho. A percepção inicial que motivou a pesquisa foi reafirmada pela concordância dos respondentes. b) É importante? Sim, pois é uma habilidade esperada do piloto de F-5M. c) É uma deficiência de aptidão? Sim, pois o piloto lutará como treina. d) Já o fez no passado? Sim, pois a amostra é composta por pilotos experientes.

Uma vez que a pesquisa estabeleceu o cenário de 90 dias de afastamento da atividade aérea e indagou apenas pilotos que haviam vivido essa situação, a quinta pergunta, **faz com frequência?**, teve não como resposta, conforme a Figura 5. Dessa forma, o afastamento máximo de treinamento adotado pela USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2015) e a degradação do desempenho em função do afastamento encontrada por Stillon (1999) mostraram-se coerentes também nos esquadrões brasileiros pesquisados.

Com foco em avaliar em que medida o afastamento influenciou o desempenho dos pilotos, a mediana encontrada para cada habilidade foi analisada segundo a divisão por categoria de análise apresentada anteriormente, ou seja, divididas em gerais e ar-ar (UNITED STATES OF AMERICA, 2009b; BIGELOW et al., 2003).

Figura 5 – Respostas encontradas para o fluxograma de soluções para problemas de desempenho.



Fonte: Adaptado de Mager e Pipe (1979, p. 3).

Quanto às habilidades gerais, cinco das 12 foram consideradas degradadas com grau **Concordo Totalmente**. Por sua vez, as habilidades ar-ar tiveram quatro das 13 com grau **Concordo Totalmente**. Esses resultados refletem a degradação de desempenho frente ao tempo de afastamento, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados das medianas divididas por habilidades para o Emprego Tático.

Resultados das Medianas	Habilidades para Emprego Tático	
	Habilidades Gerais	Habilidades missões ar-ar
Concordo Totalmente	H6, H11, H13, H14 e H19.	H2, H18, H21 e H23.
Concordo Parcialmente	H1, H7, H8, H16, H17, H20 e H22.	H3, H4, H5, H9, H10, H12, H15, H24 e H25.

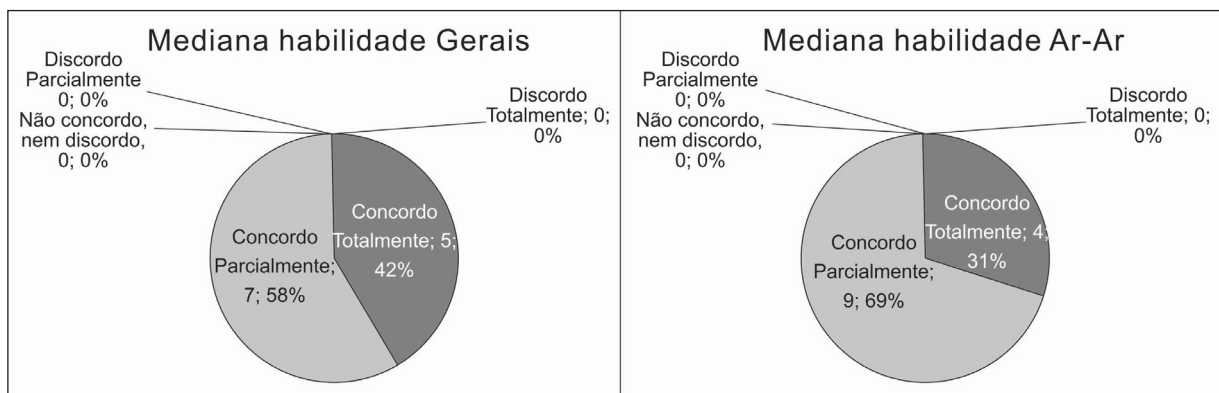
Fonte: O autor.

Os dados apresentados anteriormente, quando analisados em percentil, são representados na Figura 6.

Nela, nota-se que as habilidades gerais apresentaram 42% de concordância com grau **Concordo Totalmente** e as habilidades ar-ar apresentaram 31% no mesmo quesito. Embora exista uma diferença no grau de concordância, quando as habilidades são divididas por categorias, ela mostrou-se pequena e pouco significativa. Todavia, muito significativa, quando observado que 100% dos resultados acusaram que o fator tempo de afastamento é determinante na degradação de desempenho, independentemente do tipo de habilidade ou classificação.

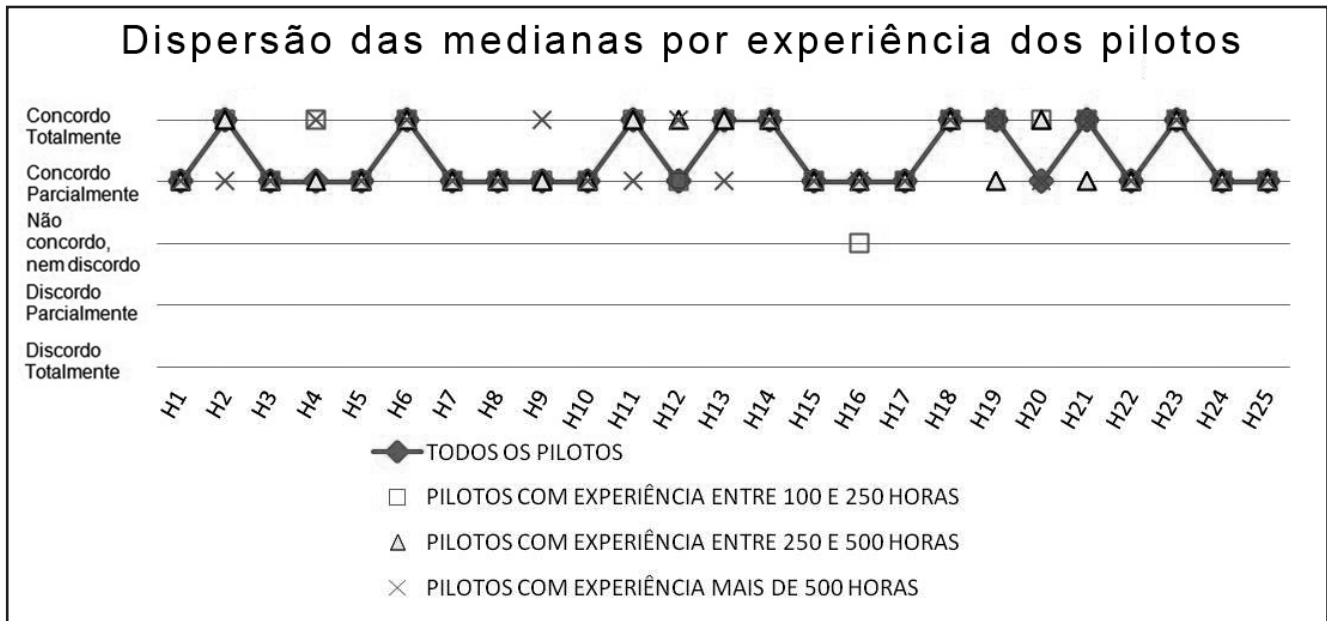
As respostas recebidas foram separadas por níveis de experiência dos entrevistados e compiladas as suas respectivas medianas. Nessa separação, foram consideradas três faixas: pilotos com experiência na aeronave F-5M, entre 100 e 250 horas, entre 250 e 500 horas e com mais de 500 horas. Ao analisá-las, percebe-se que, independente da experiência dos respondentes, a dispersão das medianas é mínima, sendo em sua maioria semelhante à resposta da amostra, conforme a Figura 7. Tal constatação reafirma o encontrado em estudos na USAF nos quais foi percebido que o desempenho em combate aéreo é mais dependente da frequência e da regularidade do treinamento do que da experiência (STILLON, 1999).

Figura 6 – Gráfico das medianas por habilidades gerais e habilidades ar-ar.



Fonte: O autor.

Figura 7 – Dispersão das medianas por experiência dos pilotos.



Fonte: O autor (2017).

Assim, conforme o objetivo geral deste trabalho, de avaliar em que medida o afastamento acima de 90 dias influencia no desempenho de pilotos experientes da aeronave F-5M nas missões de combate aéreo visual, observou-se que 100% das habilidades são degradadas em função do tempo de afastamento; sendo 36% **Concordo Totalmente** e 64% **Concordo Parcialmente**, quando vistas globalmente. Quando categorizadas, observa-se em habilidades gerais, 42% **Concordo Totalmente** e 58% **Concordo Parcialmente** e; em habilidades ar-ar, 31% **Concordo Totalmente** e 69% **Concordo Parcialmente**.

5 CONCLUSÃO

Forças Armadas preparadas e em condições de serem empregadas é o anseio da Estratégia Nacional de Defesa e, por consequência, da Força Aérea Brasileira. Assim, cada Esquadrão Aéreo de F-5M da FAB busca anualmente manter o treinamento mais adequado aos seus pilotos.

O presente trabalho buscou avaliar em que medida o afastamento acima de 90 dias influencia no desempenho de pilotos experientes da aeronave F-5M nas missões de combate aéreo visual. Para tal, primeiramente foram identificadas 25 habilidades necessárias ao piloto de F-5M nas missões de combate aéreo visual (FÓRNEAS, 2015). Em um segundo momento, foram enviados, a 39 pilotos de

três Esquadrões de F-5M da FAB que ficaram mais de 90 dias sem voar combate WVR nos anos de 2016 e 2017, um questionário de cinco pontos na escala de Likert (1932). A partir do questionário, foram identificadas quais dessas habilidades são afetadas quando o piloto fica afastado por mais de 90 dias das missões de WVR.

A pesquisa teve como limitação a complexidade em quantificar a performance dos pilotos em voos de combate WVR. Diante do tempo e dos recursos disponíveis, essa pesquisa buscou, por meio do questionário aplicado, captar a percepção e a concordância do piloto quanto à degradação de suas habilidades que estão diretamente relacionadas com o desempenho desse piloto.

Como base teórica, foram utilizados os estudos de Mager e Pipe (1979), que estabeleceram um fluxograma para análise de problemas de desempenho, e de Stillon (1999), que percebeu que a falta de periodicidade de treinamento é diretamente relacionada à degradação do desempenho de pilotos de caça, sendo mais determinante, inclusive, que a experiência.

As habilidades foram analisadas como um todo e também separadas em duas categorias: habilidades gerais e ar-ar (BIGELOW et al., 2003). Os pilotos, por sua vez, foram analisados em conjunto e separados por níveis de experiência.

Como resultado desta pesquisa, foi identificado que 100% das habilidades são degradadas pelo

afastamento superior a 90 dias; sendo 36% **Concordo Totalmente** e 64% **Concordo Parcialmente**, quando vistas globalmente. Quando categorizadas, observam-se habilidades gerais com 42% **Concordo Totalmente** e 58% **Concordo Parcialmente**; e habilidades ar-ar 31% **Concordo Totalmente** e 69% **Concordo Parcialmente**.

Ao avaliar as respostas, observou-se que a experiência dos pilotos não influenciou na percepção da perda de habilidade, reafirmando o identificado por Stillon (1999).

Os resultados obtidos apontaram a necessidade da revisão dos limites de afastamento do treinamento da missão de WVR para pilotos de F-5M da FAB. O período de afastamento estipulado nesse estudo foi o mesmo adotado pela USAF, que utiliza 90 dias como limite máximo de afastamento. Na força aérea em questão, quando se atinge esse limite, o piloto precisa fazer uma missão de readaptação ao combate visual para readquirir as habilidades esperadas.

A identificação da degradação do desempenho em função do afastamento, analisada por este trabalho, servirá de fundamento científico para embasar decisões futuras acerca da periodicidade do treinamento de pilotos de caça e da consequente manutenção das habilidades

obtidas nas formações iniciais. As conclusões, por serem afetadas ao desempenho dos pilotos de caça, serão úteis inclusive na formulação do programa de treinamento do novo caça da FAB, o F-39 - Gripen.

Esse trabalho teve como escopo o desempenho dos pilotos de F-5M nas missões de combate aéreo visual. Todavia a USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2015) possui períodos de afastamento máximo e programas de readaptação para seus pilotos em inúmeras outras missões, o que deixa em aberto caminho para outros trabalhos no sentido de verificar se o afastamento da atividade aérea afeta as habilidades dos pilotos em outras missões também.

Outro campo de estudo deixado em aberto foi acerca do impacto do afastamento da atividade aérea no desempenho dos pilotos quando analisado sob a ótica da ergonomia física.

Esse trabalho visou promover uma avaliação da influência do afastamento da atividade aérea no desempenho dos pilotos de F-5M, expondo que existe uma degradação das habilidades devido à falta de prática, e oferece um embasamento científico para o aprimoramento do treinamento de pilotos de caça, almejando, assim, uma Força Aérea cada dia mais preparada e pronta para o emprego.

REFERÊNCIAS

- BIGELOW, J. H.; TAYLOR, W. W.; MOORE, S. C.; THOMAS, B. **Models of Operational Training in Fighter Squadrons**. Rand Research Institute: Santa Monica, CA, 2003. Disponível em: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/2005/MR1701.pdf Acesso em: 05 ago. 2017.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado Maior da Aeronáutica. Portaria GABAER nº 189/GC3, de 30 de janeiro de 2017. Aprova a 1ª modificação da DCA 11-45 “Concepção Estratégica Força Aérea 100”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 18, f. 1058, 01 fev. 2017.
- BRASIL. Decreto Legislativo nº 373, de 25 de setembro de 2013. Aprova a Política Nacional de Defesa, a Estratégia Nacional de Defesa e o Livro Branco de Defesa Nacional, encaminhados ao Congresso Nacional pela Mensagem nº 83, de 2012 (Mensagem nº 323, de 17 de julho de 2012, na origem). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2013. Disponível em: < <http://www.defesa.gov.br/arquivos/2012/mes07/end.pdf> >. Acesso em: 20 ago. 2017.
- COCHRAN, W. G. **Técnicas de amostragem**. Sampling Techniques. Tradução de Fernando A. Moreira Barbosa. Rio de Janeiro: Aliança para o Progresso, 1965. 55p.
- CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e estatística**. 2. ed. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003.
- DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomics for Beginners**: a quick reference guide. 3rd ed. Boca Raton, FL, 2008.
- FÓRNEAS, R. L. S. **Desenvolvimento de Competências no Programa de Formação Operacional da aeronave F-5M**. 2015. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2015.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GRAMIGNA, M. R. **Modelo de competências e gestão dos talentos**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- GÜNTHER, H. **Como elaborar um questionário**. Brasília, DF: UnB, Laboratório de psicologia ambiental, 2003. (Série Planejamento de pesquisa em ciências sociais, nº1)
- HART, S. D.; STAVELAND, L. E. Development of NASA TLX (Task Load Index): results of Empirical and Theoretical Research. **Advances in Psychology**, Amsterdam, v. 52, p.139-183, 1988.
- LIKERT, R. **A technique for the Measurement of Attitudes**: archives of Psychology. New York: R. S. Woodworth, 1932.
- MAGER, R. F.; PIPE, P. Trad. Maria Ângela Vinagre de Almeida. **Análise de Problemas de Desempenho**. 2. ed. Porto Alegre: Globo, 1979.
- STILLON, J. **Blunting the Talons**: the Impact of Peace Operations Deployments on USAF Fighter Crew Combat Skills. 1999. 144 f. Dissertation (Doctoral in Public Policy Analysis) – Rand Graduate School, Santa Monica, CA, 1999. Disponível em: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/rgs_dissertations/2006/RGSD147.pdf. Acesso em: 05 ago. 2017.
- UNITED STATES OF AMERICA. Secretary of the Air Force. Department of the Air Force. **AFI 11-2F-16 V1**: F-16 Pilot Training. Washington, DC, 2015. Disponível em: http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a3/publication/afi11-2f-16v1/afi11-2f-16v1.pdf. Acesso em: 05 ago. 2017.
- UNITED STATES OF AMERICA. Secretary of the Air Force. Department of the Air Force. **AFI 11-2F-16 V2**: F-16 Aircrew Evaluation Criteria. Washington, DC, 2009b. Disponível em: http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a3_5/publication/afi11-2f-16v2/afi11-2f-16v2.pdf. Acesso em: 05 ago. 2017.
- UNITED STATES OF AMERICA. Secretary of the Air Force. Department of the Air Force. **AFI 11-412**: Aircrew Management. Washington, DC, 2009a. Disponível em: http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a3_5/publication/afi11-412/afi11-412.pdf. Acesso em: 05 ago. 2017.
- WOODS, D. D.; SARTER, N. B. **Learning from Automation Surprises and “Going Sour” Accidents**: progress on Human-Centered Automation. NASA Ames Research Center. Moffet Field, CA, 1998.

The influence of air activity removal on the performance an F-5M pilot¹

La influencia del alejamiento de la actividad aérea en el rendimiento del piloto de F-5M¹

A influência do afastamento da atividade aérea no desempenho do piloto de F-5M¹

Andrei Henning Salmoria¹

ABSTRACT

This scientific paper proposes to assess to what extent the time away longer than 90 days influences the performance of expert pilots of the F-5M aircraft in airborne visual combat missions. As a theoretical basis, we used the studies by Mager and Pipe (1979) on performance problems and Stillon (1999) on the skills of fighter pilots in the USAF. Thus, the skills required for the F-5M pilot in the WVR missions were identified in the research of Fórneas (2015). Later, in order to identify which skills are affected when the F-5M pilot is removed for more than 90 days from the WVR missions, a five-point Likert scale questionnaire (1932) was forwarded to 39 pilots from three F-5M FAB Squadrons that remained more than 90 days without flying this type of mission in the years of 2016 and 2017. The skill degradation was analyzed in two ways: as a set and separated by general skills and air-air (BIGELOW et al., 2003). Likewise, the pilots were analyzed in groups and separated by experience levels. The results indicated the need to establish new limits for the training frequency. Thus, the conclusions obtained by this work will serve as a basis for future decisions about the training of fighter pilots and the consequent maintenance of the skills obtained in the initial trainings, being useful even to the formulation of the F-39 - Gripen training program.

Keywords: Removal. Airborne activity. Performance. F-5M.

RESUMEN

Este artículo científico propone evaluar en qué medida el alejamiento de más de 90 días influye en el desempeño de pilotos experimentados de la aeronave F-5M en las misiones de combate aéreo visual. Como base teórica, se utilizaron los estudios de Mager y Pipe (1979) sobre problemas de rendimiento y Stillon (1999) sobre las habilidades de los pilotos de caza en la USAF. De esta forma, se identificaron en las encuestas de Fórneas (2015) las habilidades necesarias para el piloto de F-5M en las misiones de WVR. Posteriormente, para identificar qué habilidades se ven afectadas cuando el piloto de F-5M se aleja por más de 90 días de las misiones de WVR, se envió un cuestionario de cinco puntos en la escala de Likert (1932) a 39 pilotos de tres Escuadrones F-5M de la FAB que se quedaron más de 90 días sin volar ese tipo de misión en los años 2016 y 2017. La degradación de las habilidades fue analizada de dos maneras: en conjunto y separadas por habilidades generales y aire-aire (BIGELOW et al., 2003). Asimismo, los pilotos fueron analizados en grupo y separados por niveles de experiencia. Los resultados indicaron la necesidad de establecer nuevos límites para la periodicidad del entrenamiento. Por lo tanto, las conclusiones de este trabajo servirán de base para futuras decisiones sobre la formación de los pilotos de caza y el posterior mantenimiento de las habilidades obtenidas en la formación inicial, además de ser útil para la formulación del programa de formación del F-39 - Gripen.

Palabras clave: Alejamiento. Actividad aérea. Rendimiento. F-5M.

I. Second of the Fifth Aviation Group (2nd/5th GAV) – Parnamirim/RN – Brazil. Captain Aviator of the Brazilian Air Force (FAB). E-mail: salmoriaahs@fab.mil.br
Received: 05/11/18 Accepted: 10/18/18

The acronyms and abbreviations contained in this article correspond to the ones used in the original article in Portuguese.

¹ F-5M: American aircraft operated by FAB since 1975. In 2005, its systems were modernized by the Brazilian Aeronautics Company (EMBRAER), hence the designation F-5M.

RESUMO

Este artigo científico propõe avaliar em que medida o afastamento acima de 90 dias influencia no desempenho de pilotos experientes da aeronave F-5M nas missões de combate aéreo visual. Como base teórica, foram utilizados os estudos de Mager e Pipe (1979) sobre problemas de desempenho e Stillon (1999) acerca de habilidades de pilotos de caça na USAF. Dessa forma, foram identificadas nas pesquisas de Fórneas (2015) quais as habilidades necessárias ao piloto de F-5M nas missões de WVR. Posteriormente, a fim de identificar quais habilidades são afetadas quando o piloto de F-5M fica afastado por mais de 90 dias das missões de WVR, foi encaminhado um questionário de cinco pontos na escala de Likert (1932) a 39 pilotos de três Esquadrões de F-5M da FAB que ficaram mais de 90 dias sem voar esse tipo de missão nos anos de 2016 e 2017. A degradação das habilidades foi analisada de duas maneiras: em conjunto e separadas por habilidades gerais e ar-ar (BIGELOW et al., 2003). Igualmente, os pilotos foram analisados em grupo e separados por níveis de experiência. Os resultados indicaram a necessidade do estabelecimento de novos limites para a periodicidade do treinamento. Dessa forma, as conclusões obtidas por este trabalho servirão de embasamento para decisões futuras acerca do treinamento de pilotos de caça e da consequente manutenção das habilidades obtidas nas formações iniciais, sendo útil inclusive à formulação do programa de treinamento do F-39 - Gripen.

Palavras-chave: Afastamento. Atividade aérea. Desempenho. F-5M.

1 INTRODUCTION

The First Fighter Aviation Group (1st GAvCa), the First of the Fourteenth Aviation Group (1st/14th GAV) and the 1st Air Defense Group (1st GDA) are similar organizations of the Brazilian Air Force (FAB) that have a double assignment: to train new F-5M pilots and keep the pilots operational ready for missions.

The mission to train and remain prepared for combat is an expensive focus for the nation, as highlighted in the National Defense Strategy (BRAZIL, 2013).

Despite the difficulty, it is indispensable for the Armed Forces of a Country with the characteristics of Brazil to maintain, in the midst of peace, the impulse to be prepared for combat and to cultivate, on behalf of this preparation, the habit of transformation. (BRAZIL, 2013, p. 1).

The Brazilian Air Force (FAB), in line with its transformation and with its eyes on the future, has modernized itself and has issued Strategic Design Air Force 100, DCA 11-45² (BRAZIL, 2017), which reaffirms its commitment to the personnel preparation and qualification.

An effective weapon system operated by skilled personnel and with an innovative point of view is a very powerful set. FAB should be able to modernize its training and specialization techniques while preserving the standards and discipline necessary to achieve the effectiveness identified in FAB's vision for the future. (BRAZIL, 2017, p. 32).

The training and operational maintenance of the FAB F-5M pilots are defined by the Preparation Command (COMPREP) through their Preparation Guidelines (DIPREP) that define the operational minima to be fulfilled by the pilots in the course of a year in the several missions applicable to the F-5M. Another guiding document is the Operational Maintenance Program (PIMO), a document issued by ALA³ to which the Air Squadron is subordinate, and which defines how each Squadron will use its air effort in order to keep its pilots trained.

The guidelines and the PIMO determine the missions that will be trained in order to keep the skills of the pilots up to date, but they do not define the regularity or a maximum time limit between trainings. In aviation jargon, when the pilot stays for a long period without flying, he undergoes a new training called **readaptation**, in order for the pilot to reacquire the abilities degraded by the time away from flying. The DIPREP establish the readaptation programs to be carried out in case of total removal from the airborne activity, but do not define the maximum removal time by type of mission.

The United States Air Force (USAF) establishes the loss of adaptation and consequent loss of proficiency for several types of missions, separating pilots into expert and inexperienced. Based on the typical fighter mission, the Visual Airborne Combat (Within Visual Range - WVR), an expert US pilot on the F-16 aircraft loses proficiency by not flying this mission for more than 90 days, according to Air Force Instruction (AFI) 11-2F-16V1 - F-16 Pilot Training (UNITED STATES OF AMERICA, 2015). The other USAF fighter aircrafts use the same parameters.

² DCA: Directive of the Air Force Command.

³ ALA: Organization of the Preparation Command (COMPREP) to which the Air Squadron is subordinate.

The author, during his operational life, witnessed pilots who returned to fly a certain mission after long time away and, in those occasions, these pilots commented the forgetfulness or the difficulty in executing procedures. These failures can be considered as the degradation of a previously existing skill, since it is understood as the skill the

ability to put knowledge into action to generate results, mastery of techniques, talents, abilities - EXPERTISE. (GRAMIGNA, 2007, p. 50).

Based on these observations, we sought to study the influence of air activity removal on the performance of the F-5M pilot. This condition led to the present research problem: to what extent the removal longer than 90 days influences the performance of expert pilots of the F-5M aircraft in airborne visual combat missions?

When analyzing human performance, it inevitably refers to ergonomics, which is the scientific discipline concerned with understanding the interactions between human beings and other elements of the system, and the profession that applies theories, principles, data and methods to projects in order to optimize human well-being and overall system performance (DUL; WEERDMEESTER, 2008). Ergonomics has three domains: physical ergonomics (human anatomy features), cognitive (mental processes such as: perception, reasoning, memory and motor response) and organizational (optimization of structures, policies and processes).

The analysis on the subject fell on the cognitive and organizational domains of ergonomics. However, it can also be verified that physical ergonomics is linked to the performance of the fighter pilot and may also be affected by the frequency of the training, but that was not the object of study of this work.

With a view to the delimitation of the research, only expert pilots of the Squadrons that have a similar reality were analyzed: 1st GAvCa, 1st/14th GAV and 1st GDA. Since the FAB does not classify its pilots as experts or inexperienced, the USAF standardization established in AFI-11-412 - Aircrew Management was adopted, whereby the pilots who have 500 hours in the aircraft (UNITED STATES OF AMERICA, 2009a) or pilots that have 100 hours in the aircraft, but have already reached the mark of expert in another fighter aircraft, as explained by Bigelow et al. (2003), are therefore considered experts.

To conduct the research, two guiding questions were defined: a) what skills are needed for the F-5M pilot in

visual airborne combat missions?; and b) what abilities are affected when an expert F-5M pilot is away for more than 90 days from airborne visual combat missions?

Thus, it was aimed to assess to what extent the removal longer than 90 days influences the performance of expert pilots of the F-5M aircraft in airborne visual combat missions.

Specific objectives are: a) to identify the necessary skills for the F-5M pilot in the visual airborne combat missions; and b) identify the skills that are affected when an expert F-5M pilot remains away for more than 90 days of airborne visual combat missions.

Although the research is restricted to F-5M pilots, it is expected that it will serve as a reference to support future decisions about the frequency of fighter pilot training and the consequent maintenance of the skills obtained in the initial formations. The F-39⁴ will bring several technological innovations to Brazilian Fighter Aviation, however, the human material that will provide the nacelle will maintain its characteristics, which, if well exploited, will form the powerful desired set of the Strategic Air Force 100 (BRAZIL, 2017).

2 THEORETICAL FRAMEWORK

The theoretical basis of this work was on studies by Stillon (1999) and Mager and Pipe (1979).

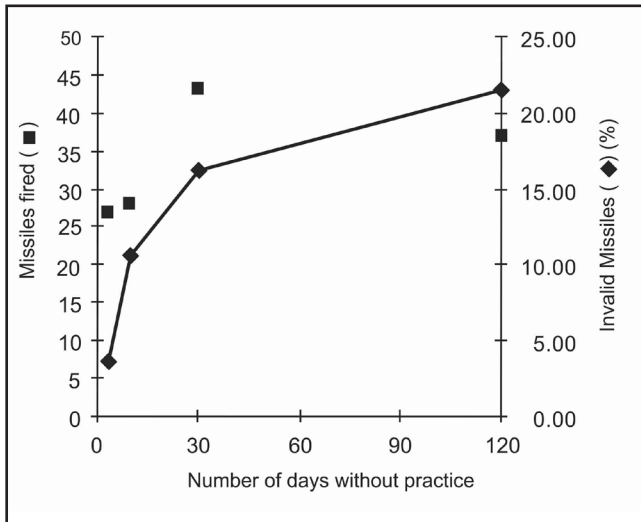
The concern with the maintenance of the prepare and the fighters' abilities, especially of the fighter pilots, is not a Brazilian peculiarity. Other air forces in the world have the same concern. Stillon (1999) studied the impact of the lack of training on the performance of the USAF fighter pilot. Regarding airborne combat, he emphasized its complexity, considering one of the missions that demand greater engagement of the pilot in cognitive and physical tasks.

In his study, 137 shots of simulated missiles of the F-16 aircraft were analyzed. From these, 19 were invalidated by procedural errors. Stillon (1999) sought to check the relationship between the number of expert pilots and the recent practice. His survey was limited to analyzing the quality of the shot, not taking into account the other skills of the pilot in this type of mission.

When analyzing the shots, he found that pilots who had used missiles in the last 10 days had a hit rate of 93%, while pilots who had used missiles for more than 90 days had a hit rate of less than 80%, as shown in Figure 1. He draw a conclusion that [...] the performance of airborne combat skills are more dependent on frequency and regularity than on experience [...] (STILLON, 1999, p. 84, own translation).

⁴ F-39: fighter aircraft under development in Sweden, called Gripen NG. It was acquired by Brazil through the FX-2 program. This aircraft will replace the F-5M aircraft at FAB.

Figure 1 – Number and percentage of invalid missiles according to the number of days without practice.



Source: Stillon (1999, p. 83, own translation).

The authors Mager and Pipe (1979) address the theme from the point of view of human performance, reinforcing the conclusions of Stillon (1999) that, “The more critical the skill, the more important the practice is provided” (MAGER, PIPE, 1979, 32).

Although fighter pilots are very demanding in their training, it is often difficult to follow the technological advances, as new aircraft technologies become increasingly complex day by day. The impact of this complexity is felt directly by the pilot who will have to manage all these new features, modes and options in a variety of operational circumstances (WOODS; SARTER, 1998). In this context, the pilot becomes the weakest link in the process. From the perspective of organizational ergonomics, the adoption of some optimization is necessary, and Mager and Pipe (1979: 39) propose an institutional attitude.

The more complex the task, or the more critical, i. e., the more requirements are regarding accuracy of performance, the more motivation we will have to offer an aid rather than simply expect people to be “very well trained.” If you have a role that is performed infrequently and is critical at the same time, you have every reason to look for ways to reduce the need to use human skills such as memory and judgment.

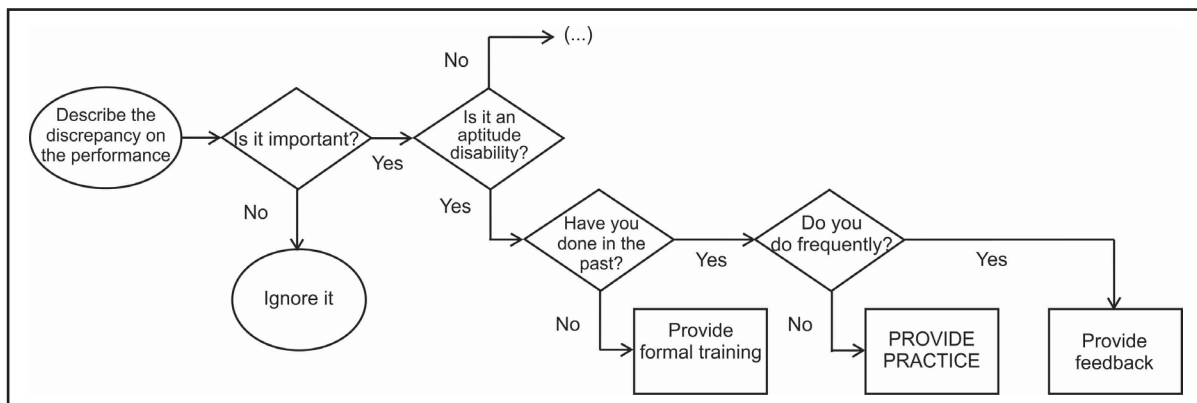
The authors propose a systematic, through questions, that seeks to find solutions to performance problems, according to Figure 2.

This research used the flowchart shown in Figure 2, answering the questions proposed. In other words, initially it was identified if there was a discrepancy in the performance of pilots who were away for more than 90 days from the visual combat missions. Pilots who found themselves in this situation stated performance discrepancies.

The USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2015) uses 90 days of removal from WVR missions as a benchmark to provide new practice to its pilots. Stillon (1999) pointed out that the lack of frequency is preponderant and that pilots who were removed for more than 90 days showed discrepancies higher than 20%. By setting this time reference, the research sought to reach its goal of identifying to what extent the removal over 90 days influences the performance of F-5M aircraft expert pilots in airborne visual combat missions.

When identifying skill discrepancies, the answer was yes to the next three questions in the flow. Is it important? Yes, since it is an expected ability of the F-5M pilot. Is it an aptitude disability? For Mager and Pipe (1979), a practical way to identify if is an aptitude disability is to question whether it would occur it if the person’s life depended on that skill. If he/she still could not perform, it is because of an aptitude disability. Once the fighter pilot is trained for the conflict, it is understood that he/she will fight as he/she trains. Finally, since the research universe was composed of experienced pilots, therefore the pilot has already performed those actions in the past..

Figure 2 – Flowchart to find solutions to performance problems.



Source: Adapted from Mager and Pipe (1979, p. 3).

What would lead to the last question regarding to the frequency of training. Once the research reached that point in the flow, it reaffirmed the consistency of the training frequency adopted by the USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2015) and observed by Stillon (1999). It can be seen, therefore, that the removal of airborne activity influences the performance.

In order to assess to what extent this influence occurs, the pilot skills division for the tactical use adopted by the USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2009b) and by Bigelow et al(2003) was used as analysis categories. Both referential divide skills into general and specific air-to-air. General skills are common to several missions performed by the aircraft, such as visual or radar search, which is useful for interception and WVR combat flights. Air-air skills, on the other hand, are those performed exclusively in this type of mission.

3 METHODOLOGY

Based on the general objective, a descriptive research (GIL, 2002) was carried out to identify the relationship between the variables **removal over 90 days and the performance of F-5M expert pilots in airborne visual combat missions.**

As for the technical procedures for data collection, the research was characterized by the direct interrogation of the people whose behavior was relevant for this study, in this case, the F-5M expert pilots. Survey research was chosen because of its advantages in providing direct knowledge of reality, economy and speed and quantification. These factors were explored in the course of the study.

Initially, the results found by Fórneas (2015) were analyzed, which sought to identify, by the Delphi method, the skills required for the F-5M operational pilot. To determine these abilities, the author conducted two rounds of the Delphi method with 10 aircraft specialists and the Fighter Aviation. In the first round, all competences were identified; in the second, the consensus among the specialists was verified. The F-5M instructors who had more than 500 hours in the aircraft or participated in at least two international maneuvers such as Red Flag⁵, SALITRE⁶ or CRUZEX⁷ and flown with Head Mounted Display (HMD)⁸ in an integrated manner with the Python IV⁹ missile in operational missions were considered as experts.

⁵ Red Flag: multinational operational exercise organized by the USAF.

⁶ SALITRE: multinational operational exercise organized by the Chilean Air Force.

⁷ CRUZEX: multinational operational exercise organized by FAB.

⁸ HMD: helmet with the ability to project information for the pilot, including missile aiming.

⁹ Python IV: 4th generation infrared missile manufactured by the Israeli company Rafael.

¹⁰ 1P: first pilot.

In order to delimit the research sample, the Heads of the Statistical Section of the 1st GAVCA, 1st/14th GAV and 1st GDA were consulted to identify which pilots of these Squadrons had the criteria to be considered experienced and who were removed from WVR missions, in the function of 1P¹⁰, for a period longer than 90 days in the years of 2016 and 2017, excluding the author. The period was adopted by the similarity in the number of flight hours distributed to each pilot, thus obtaining the same basic characteristics of the population regarding the phenomenon researched (CORREA, 2003). This consultation identified 39 F-5M pilots that fit the established requirements.

Then, the questionnaire was used as a data collection tool (GIL, 2002), composed of structured questions with the objective of identifying, in the cognitive ergonomics domain, if any of the 25 skills are degraded when the F-5M expert pilot is away more than 90 days in the WVR missions. The questionnaire is original and was based on responses of five points on the scale proposed by Likert (1932). In order to verify their integrity and consistency, the questionnaire was pre-tested on F-5M expert pilots not present in the sampled set and was subsequently submitted to the 39 pilots previously identified (GÜNTHER, 2003).

As an introductory question; the answerer's experience was questioned, which was divided into three lanes: pilots with experience between 100 and 250 hours on the F-5M aircraft, between 250 and 500 hours, and with more than 500 hours. This approach aimed to identify if the experience of the pilot in the aircraft changes his/her perception regarding the influence of the removal. Thus, it was tried to compare if the findings that the frequency of training in airborne combat is more determinant than the experience (STILLON, 1999) are also applicable to the Brazilian reality.

The three Squadrons studied have in total a universe of 60 pilots, among them, pilots under training and pilots who maintained frequency of training less than the 90 stipulated days. Thus, the inductive method was applied, using the data of the sample of 39 pilots, inferring the result to the universe of 60 F-5M pilots of the three Squadrons. A minimum desired sample of 33 respondents was considered for a 90% degree of reliability, with a 10% margin of error, as established by Cochran (1965).

As discussed earlier, a WVR combat flight is complex and quantifying pilot performance is more difficult than in other mission types (STILLON, 1999). This was a limitation of the research, since the complexity and performance degradation of the pilots would only be truly verified with the accomplishment of numerous flights and immediate data collection. Thus, given the time and available resources, this research sought, through the questionnaire applied, to capture the pilot's perception and agreement regarding the degradation of abilities that are directly related to the performance of this pilot, according to Hart and Staveland (1988).

Subjective experiences extend beyond their association with subjective classifications. The phenomenological experiences of human operators affect subsequent behaviors and therefore affect their performance and physiological responses to a situation. (HART; STAVELAND, 1988, p. 3).

With the data collected, an assessment was made of the agreement of the researched universe for

each skill. Tables, charts and descriptive statistics were used as analysis procedures, with the use of median, showing appropriate techniques for a Likert scale (GÜNTHER, 2003). After the assessment of each skill, the assessment was performed by analysis category: general skills and air-to-air skills. Thus, it was intended to reach the answer of the research question and, consequently, to reach the proposed objective for this scientific project.

4 DATA PRESENTATION AND ANALYSIS

As a result of the analysis of the Fórneas (2015) studies, 25 skills were identified for the F-5M pilot in the WVR combat missions, presented in Table 1.

In order to facilitate analysis, these 25 skills were divided into two subgroups of pilot skills for tactical use, as predicted by the USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2009b) and Bigelow et al. (2003). This division resulted in 12 skills considered as general and 13 skills as specific to the air-air missions as Table 1 shows.

Table 1 – Skills required for the F-5M pilot in visual combat missions divided into tactical use skills: general and air-to-air. Tactical: general and air-to-air.

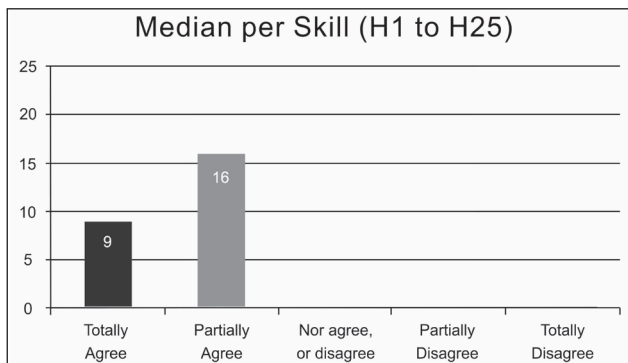
Skills for Tactical Use	
General skills	Air-to-air missions skills
H1 - Select the appropriate weaponry for the situation?	H2 - Use of Python-4 missile in the three enslavements (boresight, RDR and HMD)?
H6 - Manage multiple systems simultaneously (aircraft, radar, weaponry, fuel, HMD, etc.)?	H3 - Use of Python-3 missile in the three enslavements (boresight, RDR and HMD)?
H7 - Perform the enslaved radar search to the HMD (ACM boresight)?	H4 - Use the Derby missile in a WVR arena - within visual range (LOBL - Lock-on Before Launch) exploring its short range characteristics?
H8 - Using the Air combat modes (ACM) correctly when in the dogfight submenu?	H5 - Use of aircraft barrel weaponry (20mm cannon)?
H11 - Operate the aircraft's HOTS (Hands On Throttle And Stick) system (flight commands, weaponry, RDR, HMD and EW)?	H9 - Perform side-throwing of Python-4 using enslavement in HMD?
H13 - Perform the defenses working with the engine (IRCM)?	H10 - Use the radar enslavement of the missiles when the situation requires?
H14 - Correctly use countermeasures (Chaff/Flare) whenever there is an infrared missile threat	H12 - Maneuver your aircraft to position yourself in position to use the weaponry in the shortest possible time?
H16 - Use airborne radar in air-to-air modes (interception and dogfight)?	H15 - Perform interception profiles, interception geometry to maximize the advantage in visual combat (1-turn tactic, with launch before crossing)?
H17 - Using HMD in air-to-air modes (intercept and dogfight)?	H18 - Coordinate the work of your pair managing the position of the wing?
H19 - Maintain a high situational awareness with respect to threats?	H21 - Perform the basic and advanced visual combat maneuvers correctly?
H20 - Perform good visual search technique?	H23 - Use combat phraseology correctly?
H22 - Maneuver the aircraft according to the RWR interpretation?	H24 - Apply free fighter and support functions correctly?
	H25 - Use the radar mode to obtain RDR contact and the use of weaponry correctly?

Source: Adapted from Fórneas (2015, p. 28).

With these skills, the questionnaire was prepared, which, after being pre-tested, was sent to the 39 pilots in the sample, and 38 answers were received. Thus, it can be induced that the answers obtained are applicable to the universe of 60 pilots of the three Squadrons studied, with 95% of confidence and 10% of error margin (COCHRAN, 1965).

According to the perception of the studied pilots, the 25 skills required for the F-5M pilot in the WVR missions were deemed degraded due to the absence of airborne activity for more than 90 days. Nine of them (36%) showed a degree of Completely Agree and 16 of them (64%) a degree of **Partially Agree**. No median (0%) showed a degree of **nor agree, nor disagree, partially disagree and totally disagree**, as shown in Figure 3. **Not observed** answers were disregarded and did not influence the analysis, as indicated by Günther (2003).

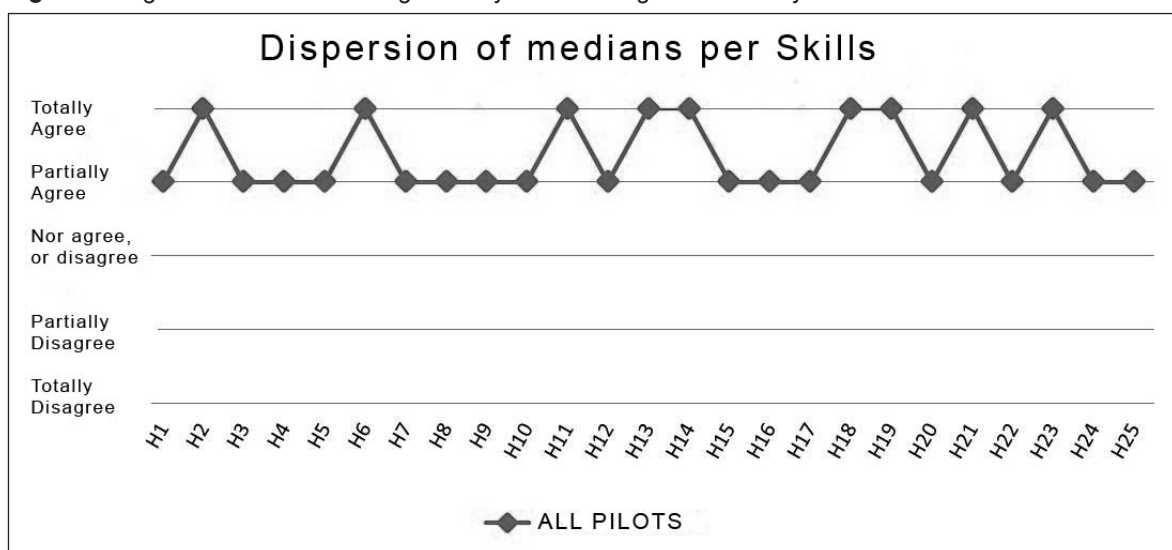
Figure 3 – Resultados das medianas por habilidade.



Source: The author.

Analyzing each skill separately, the result was found, according to Figure 4. This led us to

Figure 4 – Agreement on abilities degraded by removal longer than 90 days.



Source: The author.

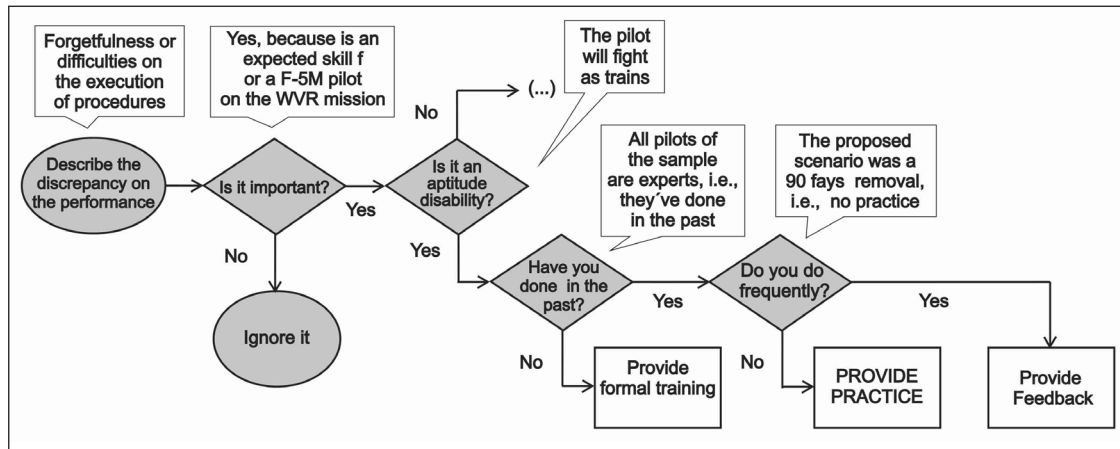
conclude what abilities are affected when an F-5M expert pilot is away for more than 90 days from visual airborne combat missions.

Considering that all skills were somewhat degraded, yes was answered for the first four questions in the flowchart proposed by Mager and Pipe (1979). a) Describe the performance discrepancy. The initial perception that motivated the research was reaffirmed by the agreement of the respondents. b) Is it important? Yes, because it is an expected skill for an F-5M pilot. c) Is it an aptitude disability? Yes, because the pilot will fight as he/she trains. d) Have you done it in the past? Yes, because the sample is composed of experienced pilots.

Once the research established the scenario of 90 days of air activity removal and asked only pilots who had experienced this situation, the fifth question, how often do you perform?, had no as an answer as shown in Figure 5. Thus, the maximum training removal adopted by the USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2015) and the degradation of performance due to the removal found by Stillon (1999) were also consistent in the Brazilian squads surveyed.

Focusing on assessing to what extent the removal influenced the performance of pilots, the median found for each skill was analyzed according to the division by category of analysis presented above, in other words, divided into general and air-to-air skills (UNITED STATES OF AMERICA, 2009b BIGELOW et al., 2003).

Figure 5 – Answers found for the flowchart of solutions to performance problems.



Source: Adapted from Mager and Pipe (1979, p. 3).

Regarding the general skills, five of the 12 were considered degraded with a degree of **Totally Agree**. In turn, the air-to-air skills had four of the 13 with a degree of **Totally Agree**. These results reflect the degradation of performance against the time of removal, according to Table 2.

Table 2 – Results of medians divided by Skills for Tactical Use.

Median Results	Skills for Tactical Use	
	General Skills	Air-to-air missions kills
Totally Agree	H6, H11, H13, H14 and H19.	H2, H18, H21 and H23.
Partially Agree	H1, H7, H8, H16, H17, H20 and H22.	H3, H4, H5, H9, H10, H12, H15, H24 and H25.

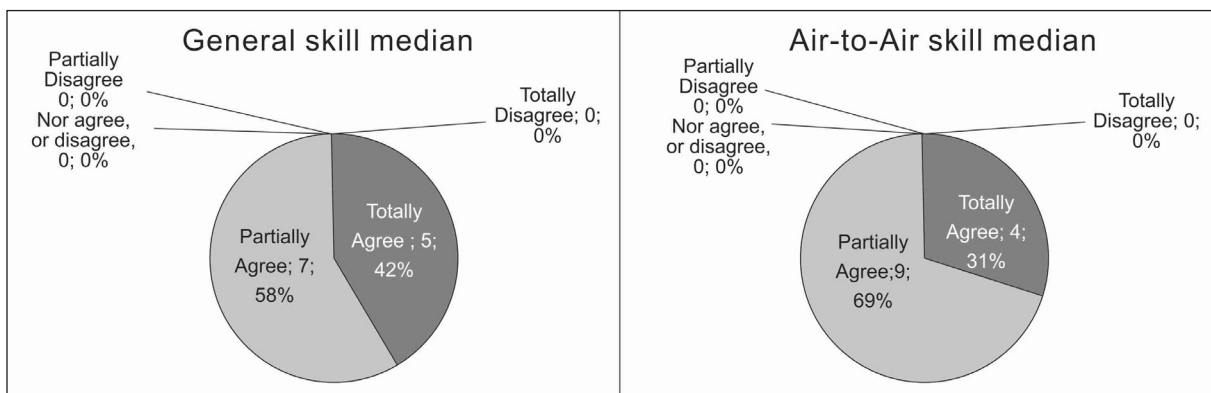
Source: The author.

The data presented previously, when analyzed in percentile, are represented in Figure 6. It is noticed that

the general skills presented 42% of agreement with a degree of **Totally Agree** and the air-to-air abilities showed 31% in the same aspect. Although there is a difference in the degree of agreement, when the skills are divided by categories, it is small and insignificant difference. However, a significant difference was observed when 100% of the results showed that the removal time factor is a determinant of performance degradation, regardless of skill type or classification.

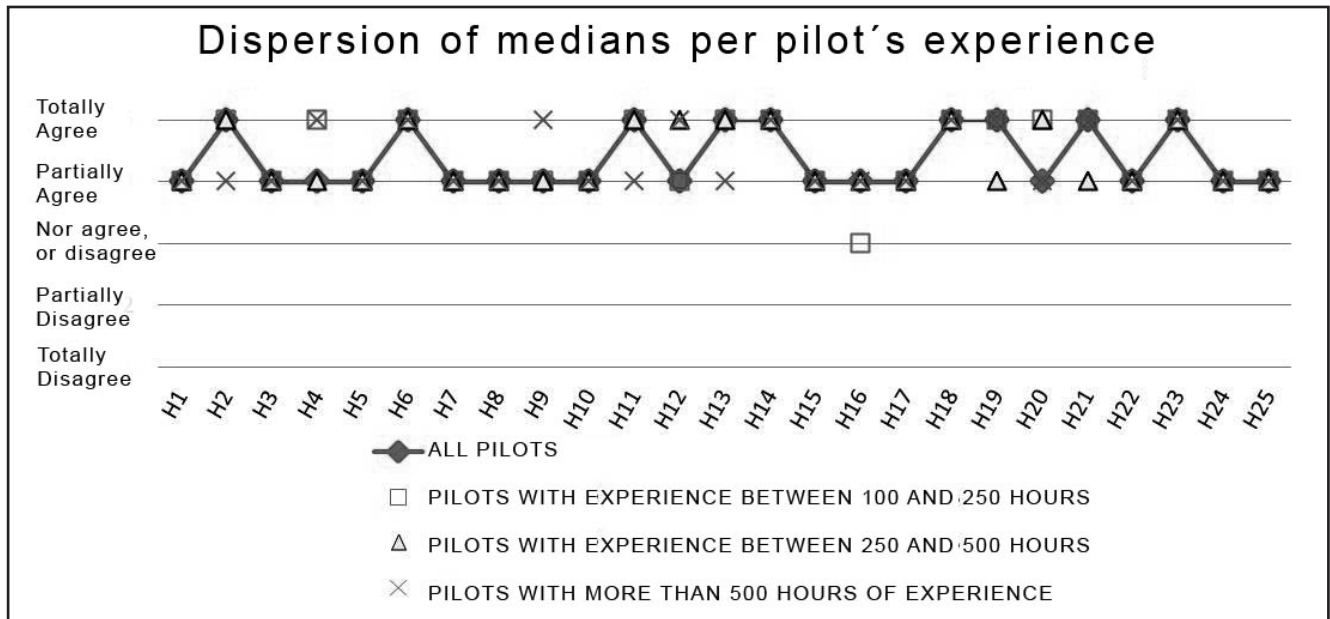
The answers received were separated by experience levels of the interviewed and their respective medians were compiled. In this separation, three lanes were considered: pilots with experience in the F-5M aircraft, between 100 and 250 hours, between 250 and 500 hours and with more than 500 hours. When analyzing them, it is noticed that, regardless of the experience of the respondents, the dispersion of the medians is minimal, being mostly similar to the response of the sample, according to Figure 7. This finding reaffirms what has been found in studies in the USAF in which air combat performance is more dependent on frequency and regularity of training than on experience (STILLON, 1999).

Figure 6 – Graph of medians by general skills and air-to-air skills.



Source: The author.

Figure 7 – Dispersion of medians by pilots' experience.



Source: The author(2017).

Thus, according to the general objective of this work, to assess to what extent the removal longer than 90 days influences the performance of expert pilots of the F-5M aircraft in airborne combat missions, it was observed that 100% of the abilities are degraded in function of the removal time; being 36% **Totally Agree** and 64% **Partially Agree**, when viewed globally. When categorized, general skills are observed, 42% **Totally Agree** and 58% **Partially Agree** and; in air-to-air skills, 31% **Totally Agree** and 69% **Partially Agree**.

5 CONCLUSION

Armed Forces prepared and in conditions to be ready for combat is the desire of the National Strategy of Defense and, consequently, of the Brazilian Air Force. Thus, every FAB F-5M Air Squadron seeks to maintain the most appropriate training for its pilots every year.

This current work sought to assess what extent the removal longer than 90 days influences the performance of expert pilots of the F-5M aircraft in airborne visual combat missions. In order to do so, we first identified 25 skills necessary for the F-5M pilot in visual airborne combat missions (FÓRNEAS, 2015). In a second moment, 39 pilots of three FAB's F-5M Squadrons who remained more than 90 days without flying in WVR combat in the years of 2016 and 2017, received a five-point

questionnaire on the Linkert scale (1932). The questionnaire helped in identifying which skills were affected when the pilot was removed more than 90 days from the WVR missions.

The research had as limitation the complexity in quantifying the performance of pilots in WVR combat flights. Given the time and resources available, this research sought, through the applied questionnaire, to capture the pilot's perception and agreement regarding the degradation of abilities that are directly related to the performance of this pilot.

As a theoretical basis, we used the studies by Mager and Pipe (1979), which established a flowchart for the analysis of performance problems, and Stillon (1999), who realized that the lack of periodicity of training is directly related to the degradation of performance of fighter pilots, being even more decisive than the experience.

The skills were analyzed as a whole and separated into two categories: general skills and air-to-air (BIGELOW et al., 2003). The pilots, in turn, were analyzed in groups and separated by levels of experience.

As a result of this research, it was identified that 100% of the abilities are degraded by the removal for more than 90 days; being 36% **Totally Agree** and 64% **Partially Agree**, when viewed globally. When categorized, general skills are observed with 42% **Totally Agree** and 58% **Partially Agree** and;

in air-to-air skills, 31% **Totally Agree** and 69% **Partially Agree**.

When evaluating the answers, it was observed that the pilots' experience did not influence the perception of skill loss, reaffirming the findings identified by Stillon (1999).

The results obtained pointed out the need to review the removal limits of the WVR mission training for FAB F-5M pilots. The period of removal stipulated in this study was the same as that adopted by the USAF, which uses 90 days as the maximum removal limit. In the air force in question, when this limit is reached, the pilot must do a rehabilitation mission to visual combat to regain the skills expected.

The identification of the degradation of the performance due to the removal, analyzed by this work, will serve as scientific basis to support future decisions about the frequency of the training of fighter pilots and the consequent maintenance of the abilities obtained in the initial formations. The conclusions, as they affect the performance of the fighter pilots, will be useful also in the formulation

of the training program of the new FAB fighter, the F-39 - Gripen.

This work was focused on the performance of F-5M pilots in airborne visual combat missions. However, the USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2015) has removal periods and rehabilitation programs for its pilots on numerous other missions, which leaves open the way for further work to see if the removal of airborne activity affects skills of pilots on other missions as well.

Another field of study left open was about the impact of the removal of the airborne activity on the performance of the pilots when analyzed from the perspective of the physical ergonomics.

This work aimed at promoting an assessment of the influence of air activity removal on the performance of F-5M pilots, explaining that there is a degradation of skills due to lack of practice, and provides a scientific basis for the improvement of training of fighter pilots, aiming, therefore, an Air Force becoming each day more prepared and ready for the defense.

REFERENCES

- BIGELOW, J. H.; TAYLOR, W. W.; MOORE, S. C.; THOMAS, B. **Models of Operational Training in Fighter Squadrons**. Rand Research Institute: Santa Monica, CA, 2003. Disponível em: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/2005/MR1701.pdf Acesso em: 05 ago. 2017.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado Maior da Aeronáutica. Portaria GABAER nº 189/GC3, de 30 de janeiro de 2017. Aprova a 1ª modificação da DCA 11-45 “Concepção Estratégica Força Aérea 100”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 18, f. 1058, 01 fev. 2017.
- BRASIL. Decreto Legislativo nº 373, de 25 de setembro de 2013. Aprova a Política Nacional de Defesa, a Estratégia Nacional de Defesa e o Livro Branco de Defesa Nacional, encaminhados ao Congresso Nacional pela Mensagem nº 83, de 2012 (Mensagem nº 323, de 17 de julho de 2012, na origem). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2013. Disponível em: < <http://www.defesa.gov.br/arquivos/2012/mes07/end.pdf> >. Acesso em: 20 ago. 2017.
- COCHRAN, W. G. **Técnicas de amostragem**. Sampling Techniques. Tradução de Fernando A. Moreira Barbosa. Rio de Janeiro: Aliança para o Progresso, 1965. 55p.
- CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e estatística**. 2. ed. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003.
- DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomics for Beginners**: a quick reference guide. 3rd ed. Boca Raton, FL, 2008.
- FÓRNEAS, R. L. S. **Desenvolvimento de Competências no Programa de Formação Operacional da aeronave F-5M**. 2015. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2015.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GRAMIGNA, M. R. **Modelo de competências e gestão dos talentos**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- GÜNTHER, H. **Como elaborar um questionário**. Brasília, DF: UnB, Laboratório de psicologia ambiental, 2003. (Série Planejamento de pesquisa em ciências sociais, nº1)
- HART, S. D.; STAVELAND, L. E. Development of NASA TLX (Task Load Index): results of Empirical and Theoretical Research. **Advances in Psychology**, Amsterdam, v. 52, p.139-183, 1988.
- LIKERT, R. **A technique for the Measurement of Attitudes**: archives of Psychology. New York: R. S. Woodworth, 1932.
- MAGER, R. F.; PIPE, P. Trad. Maria Ângela Vinagre de Almeida. **Análise de Problemas de Desempenho**. 2. ed. Porto Alegre: Globo, 1979.
- STILLON, J. **Blunting the Talons**: the Impact of Peace Operations Deployments on USAF Fighter Crew Combat Skills. 1999. 144 f. Dissertation (Doctoral in Public Policy Analysis) – Rand Graduate School, Santa Monica, CA, 1999. Disponível em: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/rgs_dissertations/2006/RGSD147.pdf. Acesso em: 05 ago. 2017.
- UNITED STATES OF AMERICA. Secretary of the Air Force. Department of the Air Force. **AFI 11-2F-16 V1**: F-16 Pilot Training. Washington, DC, 2015. Disponível em: http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a3/publication/afi11-2f-16v1/afi11-2f-16v1.pdf. Acesso em: 05 ago. 2017.
- UNITED STATES OF AMERICA. Secretary of the Air Force. Department of the Air Force. **AFI 11-2F-16 V2**: F-16 Aircrew Evaluation Criteria. Washington, DC, 2009b. Disponível em: http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a3_5/publication/afi11-2f-16v2/afi11-2f-16v2.pdf. Acesso em: 05 ago. 2017.
- UNITED STATES OF AMERICA. Secretary of the Air Force. Department of the Air Force. **AFI 11-412**: Aircrew Management. Washington, DC, 2009a. Disponível em: http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a3_5/publication/afi11-412/afi11-412.pdf. Acesso em: 05 ago. 2017.
- WOODS, D. D.; SARTER, N. B. **Learning from Automation Surprises and “Going Sour” Accidents**: progress on Human-Centered Automation. NASA Ames Research Center. Moffett Field, CA, 1998.

La influencia del alejamiento de la actividad aérea en el rendimiento del piloto de F-5M¹

The influence of air activity removal on the performance an F-5M pilot¹

A influência do afastamento da atividade aérea no desempenho do piloto de F-5M¹

Andrei Henning Salmoria¹

RESUMEN

Este artículo científico propone evaluar en qué medida el alejamiento de más de 90 días influye en el desempeño de pilotos experimentados de la aeronave F-5M en las misiones de combate aéreo visual. Como base teórica, se utilizaron los estudios de Mager y Pipe (1979) sobre problemas de rendimiento y Stillon (1999) sobre las habilidades de los pilotos de caza en la USAF. De esta forma, se identificaron en las encuestas de Fórneas (2015) las habilidades necesarias para el piloto de F-5M en las misiones de WVR. Posteriormente, para identificar qué habilidades se ven afectadas cuando el piloto de F-5M se aleja por más de 90 días de las misiones de WVR, se envió un cuestionario de cinco puntos en la escala de Likert (1932) a 39 pilotos de tres Escuadrones F-5M de la FAB que se quedaron más de 90 días sin volar ese tipo de misión en los años 2016 y 2017. La degradación de las habilidades fue analizada de dos maneras: en conjunto y separadas por habilidades generales y aire-aire (BIGELOW et al., 2003). Asimismo, los pilotos fueron analizados en grupo y separados por niveles de experiencia. Los resultados indicaron la necesidad de establecer nuevos límites para la periodicidad del entrenamiento. Por lo tanto, las conclusiones de este trabajo servirán de base para futuras decisiones sobre la formación de los pilotos de caza y el posterior mantenimiento de las habilidades obtenidas en la formación inicial, además de ser útil para la formulación del programa de formación del F-39 - Gripen.

Palabras clave: Alejamiento. Actividad aérea. Rendimiento. F-5M.

ABSTRACT

This scientific paper proposes to assess to what extent the time away longer than 90 days influences the performance of expert pilots of the F-5M aircraft in airborne visual combat missions. As a theoretical basis, we used the studies by Mager and Pipe (1979) on performance problems and Stillon (1999) on the skills of fighter pilots in the USAF. Thus, the skills required for the F-5M pilot in the WVR missions were identified in the research of Fórneas (2015). Later, in order to identify which skills are affected when the F-5M pilot is removed for more than 90 days from the WVR missions, a five-point Likert scale questionnaire (1932) was forwarded to 39 pilots from three F-5M FAB Squadrons that remained more than 90 days without flying this type of mission in the years of 2016 and 2017. The skill degradation was analyzed in two ways: as a set and separated by general skills and air-air (BIGELOW et al., 2003). Likewise, the pilots were analyzed in groups and separated by experience levels. The results indicated the need to establish new limits for the training frequency. Thus, the conclusions obtained by this work will serve as a basis for future decisions about the training of fighter pilots and the consequent maintenance of the skills obtained in the initial trainings, being useful even to the formulation of the F-39 - Gripen training program.

Keywords: Removal. Airborne activity. Performance. F-5M.

I. Segundo del Quinto Grupo de Aviación (2^o/5^o GAV) – Parnamirim/RN – Brasil. Mayor Aviador de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB). Email: salmoriah@s@fab.mil.br

Recibido: 11/05/18

Aceptado: 18/10/18

Las siglas y abreviaturas contenidas en el artículo corresponden a las del texto original en lengua portuguesa.

¹ F-5M: aeronave estadounidense operada por FAB desde 1975. En 2005, sus sistemas fueron modernizados por la Empresa Brasileña de Aeronáutica (Embraer), de ahí la designación F-5M.

RESUMO

Este artigo científico propõe avaliar em que medida o afastamento acima de 90 dias influencia no desempenho de pilotos experientes da aeronave F-5M nas missões de combate aéreo visual. Como base teórica, foram utilizados os estudos de Mager e Pipe (1979) sobre problemas de desempenho e Stillon (1999) acerca de habilidades de pilotos de caça na USAF. Dessa forma, foram identificadas nas pesquisas de Fórneas (2015) quais as habilidades necessárias ao piloto de F-5M nas missões de WVR. Posteriormente, a fim de identificar quais habilidades são afetadas quando o piloto de F-5M fica afastado por mais de 90 dias das missões de WVR, foi encaminhado um questionário de cinco pontos na escala de Likert (1932) a 39 pilotos de três Esquadrões de F-5M da FAB que ficaram mais de 90 dias sem voar esse tipo de missão nos anos de 2016 e 2017. A degradação das habilidades foi analisada de duas maneiras: em conjunto e separadas por habilidades gerais e ar-ar (BIGELOW et al., 2003). Igualmente, os pilotos foram analisados em grupo e separados por níveis de experiência. Os resultados indicaram a necessidade do estabelecimento de novos limites para a periodicidade do treinamento. Dessa forma, as conclusões obtidas por este trabalho servirão de embasamento para decisões futuras acerca do treinamento de pilotos de caça e da consequente manutenção das habilidades obtidas nas formações iniciais, sendo útil inclusive à formulação do programa de treinamento do F-39 - Gripen.

Palavras-chave: Afastamento. Atividade aérea. Desempenho. F-5M.

1 INTRODUCTION

El primer Grupo de Aviación de Caza (1er GAvCa), el Primero del Decimocuarto Grupo de Aviación (1er/14° GAV) y el 1er Grupo de Defensa Aérea (1er GDA) son organizaciones congéneres de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB) que tienen asignación doble: formar nuevos pilotos de F-5M y mantener a los pilotos operativos preparados para el empleo.

La misión de capacitar y mantenerse preparado para el combate es un foco caro a la nación, como resultado en la Estrategia Nacional de Defensa (BRASIL, 2013).

A pesar de la dificultad, es indispensable para las Fuerzas Armadas de un país con las características, del nuestro, mantener, en medio de la paz, el impulso de prepararse para el combate y de cultivar, a favor de esa preparación, el hábito de la transformación. (BRASIL, 2013, p. 1).

Atenta a la transformación y con los ojos en el futuro, la Fuerza Aérea Brasileña (FAB) se ha modernizado y emitió la concepción estratégica Fuerza Aérea 100, 11-45 DCA² (BRASIL, 2017), que reafirma el compromiso de la preparación y calificación del personal.

Un sistema de arma eficaz operado por personal calificado y con visión innovadora es un conjunto muy poderoso. La FAB debe ser capaz de modernizar sus técnicas de formación, especialización, preservando las normas y disciplina necesarias para alcanzar la eficacia identificada en la visión de la FAB para el futuro. (BRASIL, 2017, p. 32).

La capacitación y el mantenimiento operativo de los pilotos de F-5M de la FAB son definidos por el Comando de Preparación (COMPREP) por medio de sus Directrices de Preparación (DIPREP) que definen los mínimos operacionales a ser cumplidos por los pilotos en el transcurso de un año en las diversas misiones aplicables al F-5M. Otro documento de posición es el Programa de Mantenimiento Operacional (PIMO), documento emitido por el ALA³ a la que el Escuadrón Aéreo está subordinado y que define cómo cada Escuadrón se utilizará su esfuerzo aéreo con el fin de mantener a sus pilotos entrenados.

Las directrices y el PIMO determinan las misiones que se entrenarán para mantener las habilidades de los pilotos al día, sin embargo no definen la regularidad o un límite de tiempo máximo entre los entrenamientos. En la jerga de la aviación, cuando el piloto está por mucho tiempo sin volar, él se somete a una nueva formación que se llama rehabilitación, cuyo objetivo es que el piloto pueda recuperar las capacidades degradadas por el alejamiento. Las DIPREP establecen los programas de readaptación a ser realizados en caso de alejamiento total de la actividad aérea, pero no definen el alejamiento máximo por tipo de misión.

La Fuerza Aérea de los Estados Unidos (United States Air Force - USAF) establece la pérdida de la adaptación y la pérdida de la habilidad para diferentes tipos de misiones, la separación de los pilotos con experiencia y sin experiencia. Tomando como parámetro de la misión típica de un caza el Combate Aéreo Visual (*Within Visual Range - WVR*), un piloto estadounidense con experiencia en el avión F-16 pierde el dominio por dejar de volar esta misión durante más de 90 días, de acuerdo a *Air Force Instruction (AFI) 11-2F-16V1 - F-16 Pilot Training* (UNITED STATES OF AMERICA, 2015). Las demás aeronaves de caza de USAF utilizan los mismos parámetros.

² DCA: Directriz del Comando de la Aeronáutica.

³ ALA: Organización del Comando de Preparación (COMPREP) la cual el Escuadrón Aéreo es subordinado.

El autor, en el transcurso de su vida operativa, presencié a pilotos que volvieron a volar determinada misión tras mucho tiempo alejados y, en esas ocasiones, esos pilotos comentaron el olvido o la dificultad en la ejecución de procedimientos. Estas fallas pueden ser consideradas como la degradación de una habilidad existente anteriormente, una vez que se entiende como habilidad

la capacidad de poner sus conocimientos en acción para generar resultados, dominio de técnicas, talentos, capacidades - SABER HACER. (GRAMIGNA, 2007, p. 50).

A partir de esas observaciones, se buscó estudiar la influencia del alejamiento de la actividad aérea en el rendimiento del piloto de F-5M. Este cuadro llevó al problema de investigación: ¿en qué medida el alejamiento de más de 90 días influye en el desempeño de pilotos experimentados de la aeronave F-5M en las misiones de combate aéreo visual?

Al analizar el desempeño humano, inevitablemente se remite a la ergonomía, que es la disciplina científica preocupada por la comprensión de las interacciones entre seres humanos y otros elementos del sistema, y la profesión que aplica teorías, principios, datos y métodos a proyectos, a fin de optimizar el bienestar humano y el desempeño global del sistema (DUL, WEERDMEESTER, 2008). La ergonomía tiene tres dominios: ergonomía física (características de la anatomía humana), cognitiva (procesos mentales como: percepción, raciocinio, memoria y respuesta motora) y organizacional (optimización de estructuras, políticas y procesos).

El análisis sobre el tema recayó sobre los dominios cognitivo y organizacional de la ergonomía. Sin embargo, se puede verificar también que la ergonomía física está ligada al desempeño del piloto de caza y también puede ser afectada por la periodicidad del entrenamiento, pero que no fue objeto de estudio de este trabajo.

Con vistas a la delimitación de la investigación, fueron analizados sólo los pilotos experimentados de los Escuadrones que poseen realidad semejante: 1er GAvCa, 1er/14º GAV y 1er GDA. Una vez que la FAB no clasifica a sus pilotos como experimentados o no experimentados, se adoptó la estandarización de la USAF establecida en el AFI-11-412 - Aircrew Management, fueron considerados experimentados los pilotos que posean 500 h en la aeronave (UNITED STATES OF AMERICA, 2009a) o pilotos que posean 100 h en la aeronave, pero ya hayan alcanzado la marca de experimentado en otra aeronave de caza, según aclara Bigelow et al. (2003).

Para la conducción de la investigación, se definieron dos cuestiones orientadoras: a) ¿qué habilidades son necesarias para el piloto de F-5M en las misiones de combate aéreo visual?; y b) ¿qué habilidades se ven afectadas cuando un

piloto experimentado de F-5M se aleja por más de 90 días de las misiones de combate aéreo visual?

De esa manera, se buscó evaluar en qué medida el alejamiento de más de 90 días influye en el desempeño de pilotos experimentados de la aeronave F-5M en las misiones de combate aéreo visual.

Se presentan como objetivos específicos: a) identificar las habilidades necesarias al piloto de F-5M en las misiones de combate aéreo visual; y b) identificar las habilidades que se ven afectadas cuando un piloto experimentado de F-5M se aleja más de 90 días en las misiones de combate aéreo visual.

Aunque la investigación se restrinja a los pilotos de F-5M, se espera que sirva de referencia para fundamentar decisiones futuras acerca de la periodicidad del entrenamiento de pilotos de caza y del consiguiente mantenimiento de las habilidades obtenidas en las formaciones iniciales. El F-39⁴ traerá muchas innovaciones para la Aviación de Caza Brasileña, sin embargo, el material humano que guarnecerá las barquillas mantendrá sus características, que si bien explotadas, formarán el potente conjunto deseado por el Diseño Estratégico de la Fuerza Aérea 100 (BRASIL, 2017).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabajo tuvo como base teórica los estudios de Stillon (1999) y Mager y Pipe (1979).

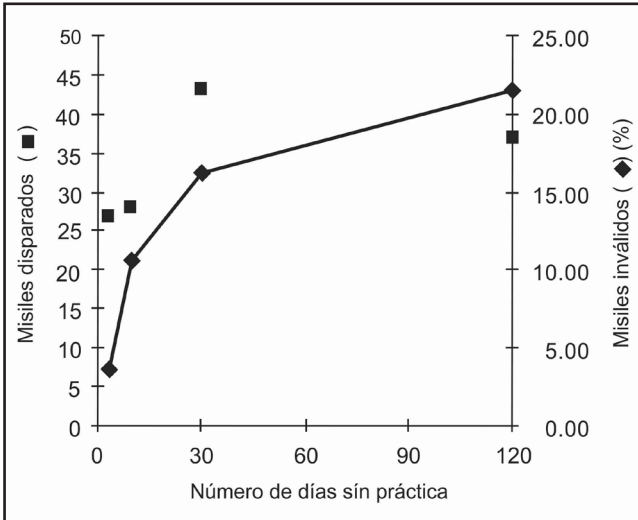
La preocupación por el mantenimiento de la preparación y las habilidades de los combatientes, en especial de los pilotos de caza, no es una particularidad brasileña. Otras fuerzas aéreas del mundo tienen la misma preocupación. Stillon (1999) estudió el impacto de la falta de entrenamiento en el desempeño del piloto de caza de la USAF. En cuanto al combate aéreo, resaltó su complejidad, considerando una de las misiones que demandan mayor compromiso del piloto en tareas cognitivas y físicas.

En su estudio, se analizaron 137 disparos de misiles simulados de la aeronave F-16. De ellos, 19 fueron invalidados por errores de procedimientos. Stillon (1999) buscó entonces verificar la relación existente entre el número de pilotos experimentados y la práctica reciente. Su levantamiento se limitó a analizar la calidad de tiro, no teniendo en cuenta las demás habilidades del piloto en ese tipo de misión.

Al analizar los disparos, verificó que los pilotos que habían empleado misiles en los últimos 10 días poseían una tasa de acierto del 93%, mientras que los pilotos que habían empleado misiles hace más de 90 días tenían una tasa de acierto inferior al 80%, como muestra la Figura 1. Se llegó a la conclusión de que [...] el desempeño de las habilidades en combate aéreo son más dependientes de la frecuencia y la regularidad que de la experiencia [...] (STILLON, 1999: 84, traducción nuestra).

⁴ F-39: aeronave de caza siendo desarrollado por Suecia, denominada Gripen NG. Fue adquirida por Brasil a través del programa FX-2. Esta aeronave sustituirá a la aeronave F-5M en la FAB.

Figura 1 – Número y porcentaje de misiles invalidados en el número de días sin la práctica.



Fuente: Stillon (1999, p. 83, traducción nuestra).

Los autores Mager y Pipe (1979) abordan el tema bajo la óptica del desempeño humano, reforzando las conclusiones de Stillon (1999) que, “Cuanto más crítica es la habilidad, más importante es que la práctica sea propiciada” (MAGER, PIPE, 1979, p. 32).

Aunque los pilotos de caza son muy exigidos en su formación, a menudo es difícil seguir los avances tecnológicos, ya que las nuevas tecnologías aeroembarcadas se vuelven cada día más complejas. El impacto de esta complejidad es sentido directamente por el piloto que tendrá que gestionar todas estas nuevas características, modos y opciones en una diversidad de circunstancias operativas (WOODS, SARTER, 1998). En este contexto, el piloto se convierte en el eslabón más débil en el proceso. En la óptica de la ergonomía organizacional, se hace necesaria la adopción de alguna optimización, y Mager y Pipe (1979, p. 39) proponen una actitud institucional.

Cuanto más compleja la tarea, o cuánto más crítica, es decir, cuanto más requisitos hay en cuanto a la exactitud del desempeño, más motivos tendremos para ofrecer una ayuda en lugar de esperar simplemente que las personas sean “muy entrenadas”. Si usted tiene una función que se desempeña con poca frecuencia, y que al mismo tiempo es crítica, usted tiene todas las razones para buscar medios para reducir la necesidad de uso de habilidades humanas tales como memoria y juicio.

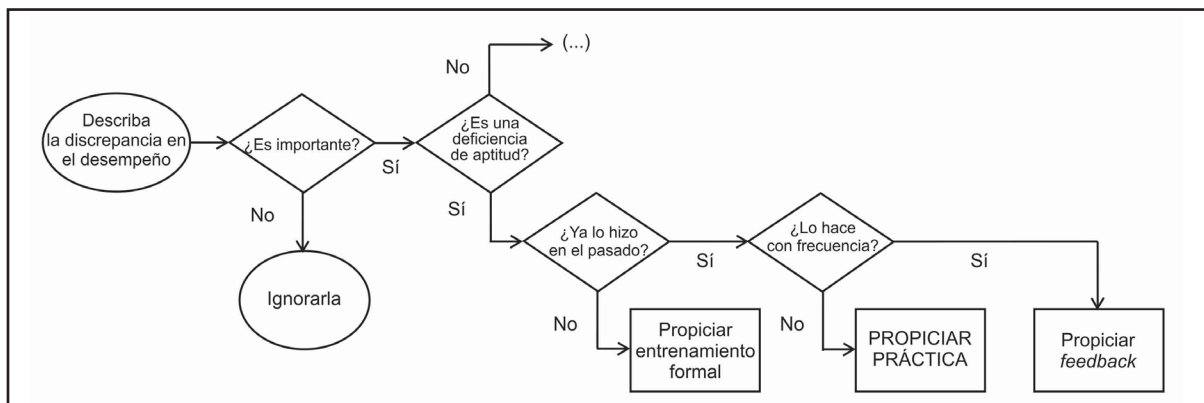
Los autores proponen una sistemática, por medio de preguntas, que busca encontrar soluciones para problemas de desempeño, conforme a la Figura 2.

Esta investigación se utilizó del diagrama de flujo presentado en la Figura 2, respondiendo a las preguntas propuestas. Es decir, inicialmente fue identificado si había una discrepancia en el desempeño de pilotos que quedaron alejados por más de 90 días de las misiones de combate visual. Los pilotos que se encontraron en esta situación afirmaron discrepancias de rendimiento.

La USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2015) utiliza 90 días de alejamiento de las misiones de WVR como una referencia para proporcionar nueva práctica a sus pilotos. Stillon (1999) puntuó que la falta de periodicidad es preponderante y que los pilotos que quedaron alejados por más de 90 días presentaron discrepancias superiores al 20%. Adoptando esa referencia temporal, la investigación buscó alcanzar su objetivo de identificar en qué medida el alejamiento de más de 90 días influye en el desempeño de pilotos experimentados de la aeronave F-5M en las misiones de combate aéreo visual.

Mediante la identificación de las discrepancias de habilidad, la respuesta es sí a las tres preguntas del flujo. ¿Es importante? Sí, ya que es una habilidad esperada del piloto de F-5M. ¿Es una deficiencia de aptitud? Para Mager y Pipe (1979), una forma práctica de identificarse cuando una deficiencia de aptitud es cuestionar si la ejecutaría, si la vida de la persona en cuestión dependía de la habilidad. Si, aún así, no pudiera ejecutar, es porque se constituye en una deficiencia de aptitud. Una vez que el piloto de caza es entrenado para el conflicto, se entiende que él luchará como entrena. Por fin, una

Figura 2 – Diagrama de flujo para encontrar soluciones a los problemas de rendimiento.



Fuente: Adaptado de Mager y Pipe (1979, p. 3).

vez que el universo investigado fue de pilotos experimentados, por lo tanto el piloto ya lo hizo en el pasado.

Lo que llevaría a la última cuestión es con respecto a la frecuencia de entrenamiento. Una vez que la investigación llegó a ese punto del flujo, ella reafirmó la coherencia de la periodicidad de entrenamiento adoptada por la USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2015) y también observada por Stillon (1999). Se constata, así, que el alejamiento de la actividad aérea influye en el desempeño.

Con vistas a evaluar en qué medida se da esa influencia, se utilizó como categorías de análisis la división de las habilidades de pilotos para el empleo táctico adoptada por la USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2009b) y por Bigelow et al. (2003). Ambos referenciales dividen las habilidades en general y específicas aire-aire. Las habilidades generales son las comunes a varias misiones desempeñadas por la aeronave, como, por ejemplo, búsqueda visual o radar, que es útil a los vuelos de interceptación y al combate WVR. Las habilidades aire-aire, a su vez, son aquellas desempeñadas exclusivamente en ese tipo de misión.

3 METODOLOGÍA

Con base en el objetivo general, se realizó una investigación descriptiva (GIL, 2002) que tenía como objetivo identificar la relación entre las variables **alejamiento mayor de 90 días y rendimiento de pilotos experimentados en el F-5M en misiones de combate aéreo visuales**.

En cuanto a los procedimientos técnicos para levantar los datos, la investigación se caracterizó por la interrogación directa de las personas cuyo comportamiento se deseaba conocer, en el caso, a los pilotos experimentados de F-5M. Se eligió la encuesta de levantamiento por sus ventajas en propiciar el conocimiento directo de la realidad, la economía y rapidez y la cuantificación. Factores que se explotaron durante el estudio.

Inicialmente se analizaron los resultados encontrados por Fórneas (2015), que buscó identificar, por el método Delphi, las habilidades necesarias al piloto operacional de F-5M. Para determinar estas habilidades, el autor en cuestión realizó dos rondas del método Delphi con 10 expertos en la aeronave y la Aviación de Caza. En la primera ronda, se identificaron todas las competencias, en la segunda, se verificó el consenso entre los expertos. Consideraron los F-5M instructores expertos que tenían más de 500 horas en el avión, participado en al menos dos

maniobras internacionales como *Red Flag*⁵, *SALITRE*⁶ o *CRUZEX*⁷ y volado con *Head Mounted Display (HMD)*⁸ integrado con el misil *Python IV*⁹ en misiones operacionales.

De manera a delimitar la muestra de la investigación, se consultaron los Jefes de la Sección de Estadística del 1er/14o GAV y 1er GDA para identificar cuales pilotos de estos escuadrones poseían los criterios para clasificación como experimentados y que se alejaron de misiones de WVR ne función 1P¹⁰, durante más de 90 días en los años 2016 y 2017, sin incluir el autor. El período fue adoptado por la similitud en la cantidad de horas de vuelo distribuidas a cada piloto, obteniéndose así las mismas características básicas de la población en cuanto al fenómeno investigado (CORREA, 2003). En esa consulta, se identificaron 39 pilotos de F-5M que cumplían los requisitos establecidos.

A continuación se utilizó el cuestionario como herramienta de recolección de datos (GIL, 2002), compuesto de preguntas estructuradas con el objetivo de identificar, en el dominio de la ergonomía cognitiva, si alguna de las 25 habilidades es degradada cuando el piloto experimentado de F-5M se queda alejado más de 90 días en las misiones de WVR. El cuestionario es original y se basó en respuestas de cinco puntos en la escala propuesta por Likert (1932). Para verificar su coherencia y consistencia, el cuestionario fue pre-probado en pilotos experimentados de F-5M no pertenecientes a la muestra y posteriormente fue remitido a los 39 pilotos identificados anteriormente (GÜNTHER, 2003).

Como pregunta introductoria; fue cuestionada la experiencia del respondedor, que fue dividida en tres bandas: pilotos con experiencia entre 100 y 250 horas en la aeronave F-5M, entre 250 y 500 horas, y con más de 500 horas. Este enfoque tuvo como objetivo identificar si la experiencia del piloto en la aeronave cambia su percepción en cuanto a la influencia del alejamiento. Así, se buscó comparar las constataciones de que la frecuencia de entrenamiento en combate aéreo es más determinante que la experiencia (STILLON, 1999) también se aplican a la realidad brasileña.

Los tres Escuadrones estudiados poseen en total un universo de 60 pilotos, entre los cuales, pilotos en formación y pilotos que mantuvieron periodicidad de entrenamiento inferior a los 90 días estipulados. De esta forma, se aplicó el método inductivo, utilizando los datos de la muestra de 39 pilotos, inferiendo el resultado al universo de 60 pilotos de F-5M de los tres Escuadrones. Una muestra mínima deseada de 33 respondedores fue considerada para un grado de confiabilidad del 90%, con un 10% de margen de error, según lo establecido por Cochran (1965).

⁵ Red Flag: ejercicio operacional multinacional organizado por USAF.

⁶ SALITRE: ejercicio operacional multinacional organizado por la Fuerça Aérea de Chile.

⁷ CRUZEX: ejercicio operacional multinacional organizado por la FAB.

⁸ HMD: casco con capacidad de exhibición de informaciones al piloto en su visera, incluyendo para tiro de misiles.

⁹ *Python IV*: misil infrarrojo de 4ª generación fabricado por la empresa israelí Rafael.

¹⁰ 1P: primer piloto.

Como se mencionó anteriormente, un vuelo de combate WVR es complejo y cuantificar el rendimiento de los pilotos es más difícil que en otros tipos de misión (STILLON, 1999). Esta fue una limitación de la investigación, ya que la complejidad y la degradación de rendimiento de los pilotos sólo se verifican fielmente con la realización de innumerables vuelos y recolección inmediata de datos. Por lo tanto, ante el tiempo y los recursos disponibles, esta investigación buscó, a través del cuestionario aplicado, captar la percepción y la concordancia del piloto en cuanto a la degradación de las habilidades que están directamente relacionadas con el desempeño de ese piloto, como constataron Hart y Staveland (1988).

Las experiencias subjetivas se extienden más allá de su asociación con clasificaciones subjetivas. Las experiencias fenomenológicas de los operadores humanos afectan los comportamientos subsiguientes y, por lo tanto, afectan su desempeño y respuestas fisiológicas a una situación. (HART; STAVELAND, 1988, p. 3).

En posesión de los datos recolectados, se efectuó una evaluación de la concordancia del universo investigado en lo que se refiere a cada habilidad. En cuanto a los

procedimientos de análisis, se utilizaron cuadros, gráficos y estadística descriptiva, con el uso de mediana, que se muestran técnicas apropiadas para una escala de Likert (GÜNTHER, 2003). Después de la evaluación de cada habilidad, se realizó la evaluación por categoría de análisis: habilidades generales y habilidades aire-aire. De esta forma, se pretendió llegar a la respuesta de la pregunta de investigación y, consecuentemente, alcanzar el objetivo propuesto para ese proyecto científico.

4 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Fruto del análisis de los estudios de Fórneas (2015), se identificaron 25 habilidades necesarias para el piloto de F-5M en las misiones de combate WVR, presentadas en el Cuadro 1.

A fin de facilitar el análisis, estas 25 habilidades se dividieron en dos subgrupos de habilidades de pilotos para el empleo táctico, según prevé la USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2009b) y Bigelow et al. (2003). Esta división resultó en 12 habilidades consideradas como generales y 13 habilidades como específicas de las misiones aire-aire conforme a la Tabla 1.

Tabla 1 – Habilidades necesarias para piloto de F-5M en misiones de combate visuales divididas en habilidades para el empleo táctico: generales y aire-aire.

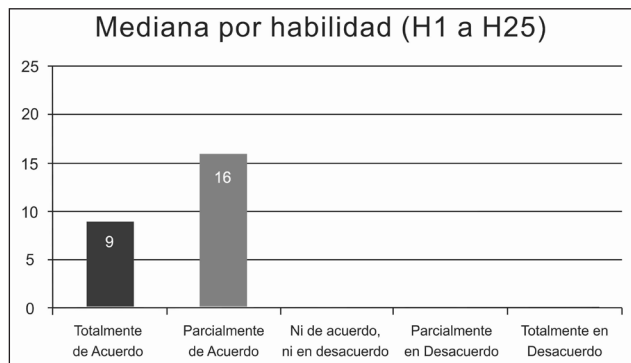
Táctico: generales y aire-aire	
Habilidades generales	Habilidades misiones aire-aire
H1 - ¿Seleccionar el armamento adecuado a la situación?	H2 - ¿Emplear misil <i>Python-4</i> en los tres esclavitudes (<i>boresight</i> , RDR y HMD)?
H6 - ¿Gestionar varios sistemas simultáneamente (aeronave, radar, armamento, combustible, HMD, etc)?	H3 - ¿Emplear misil <i>Python-3</i> en los tres esclavitudes (<i>boresight</i> , RDR y HMD)?
H7 - ¿Realizar la búsqueda radar esclavizada de HMD (<i>boresight</i> ACM)?	H4 - ¿Emplear el misil <i>Derby</i> en una arena WVR - <i>within visual range</i> (LOBL - <i>Lock-on Before Launch</i>) explotando sus características de corto alcance?
H8 - ¿Utilizar correctamente los modos <i>Air combat modes</i> (ACM) cuando en el modo de <i>dogfight</i> ?	H5 - ¿Emplear el armamento de cañón de la aeronave (cañón 20mm)?
H11 - ¿Operar el sistema HOTAS (<i>Hands On Throttle And Stick</i>) de la aeronave (controles de vuelo, armamento, RDR, HMD y EW)?	H9 - ¿Realizar el tiro lateral de <i>Python-4</i> mediante la esclavización HMD?
H13 - ¿Realizar las defensas trabajando el motor (IRCM)?	H10 - ¿Utilizar la esclavización radar de los misiles cuando la situación exija?
H14 - ¿Utilizar correctamente las contramedidas (<i>Chaff/Flare</i>) siempre que haya amenaza de misiles infrared	H12 - ¿Maniobrar su aeronave para posicionarse en posición de emplear el armamento en el menor tiempo posible?
H16 - ¿Uso de radar a bordo en modo aire-aire (intercepción y <i>dogfight</i>)?	H15 - ¿Realizar perfiles de interceptación geometría de interceptación para maximizar la ventaja en el combate visual (táctica de 1 curva, con lanzamiento antes del cruce)?
H17 - ¿Uso de la HMD en modo aire-aire (intercepción y <i>dogfight</i>)?	H18 - ¿Coordinar el trabajo de su pareja administrando el posicionamiento del ala?
H19 - ¿Mantener una elevada conciencia situacional en relación a las amenazas?	H21 - ¿Realizar correctamente las maniobras básicas y avanzadas de combate visual?
H20 - ¿Realizar buena técnica de búsqueda visual?	H23 - ¿Utilizar correctamente la fraseología de combate?
H22 - ¿Maniobrar la aeronave de acuerdo con la interpretación del RWR?	H24 - ¿Aplicar correctamente las funciones de caza libre y soporte?
	H25 - ¿Utilizar el modo de radar de manera adecuada para obtener el contacto RDR y el empleo del armamento?

Fuente: Adaptado de Fórneas (2015, p. 28).

En posesión de esas habilidades, se confeccionó el cuestionario que, tras pre-probado, fue enviado a los 39 pilotos de la muestra, habiéndose recibido 38 respuestas. Con ello, se puede inducir que las respuestas obtenidas son aplicables al universo de 60 pilotos de los tres Escuadrones estudiados, con un 95% de confiabilidad y con un 10% de margen de error (COCHRAN, 1965).

Según la percepción de los pilotos estudiados, las 25 habilidades necesarias para el piloto de F-5M en las misiones de WVR; fueron consideradas degradadas debido al alejamiento de la actividad aérea por más de 90 días. Nueve de ellos (36%) tuvieron grado **Totalmente de Acuerdo** y 16 de ellos (64%) de grado **Parcialmente de Acuerdo**. Ninguna mediana (0%) desarrolló grado **Ni de acuerdo, ni en desacuerdo, parcialmente en desacuerdo y totalmente en desacuerdo**, como se muestra en la Figura 3. Las respuestas **No observado** no se tuvieron en cuenta y no influyeron en el análisis, como indica Günther (2003).

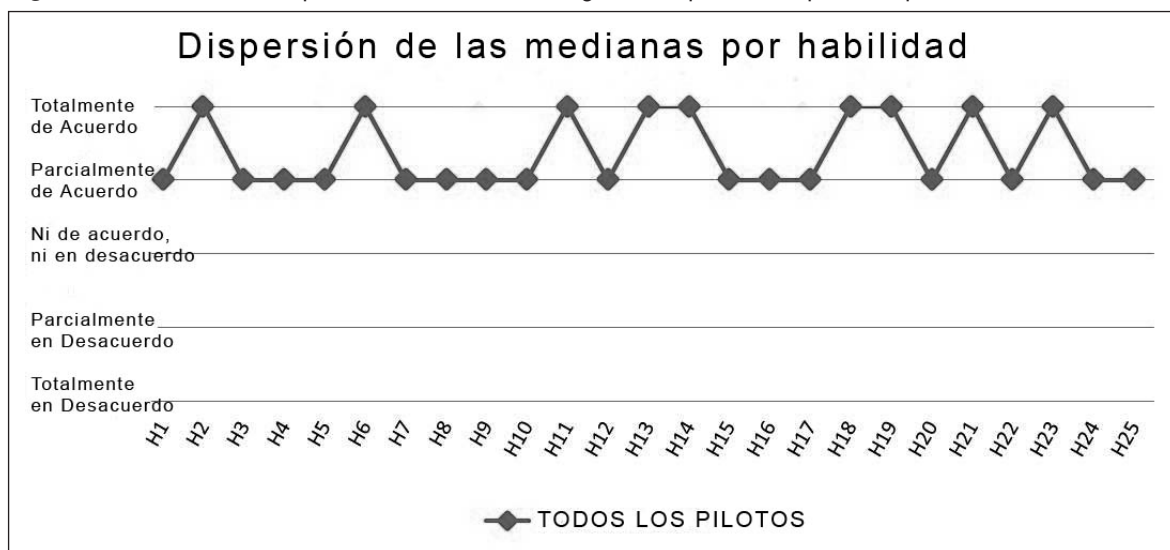
Figura 3 – Resultados de las medianas por habilidad.



Fuente: El autor.

Al analizar cada habilidad por separado, se encontró el resultado, conforme a la Figura 4. Esto

Figura 4 – Acuerdo con respecto a las habilidades degradados para el despacho superior a 90 días.



Fuente: El autor.

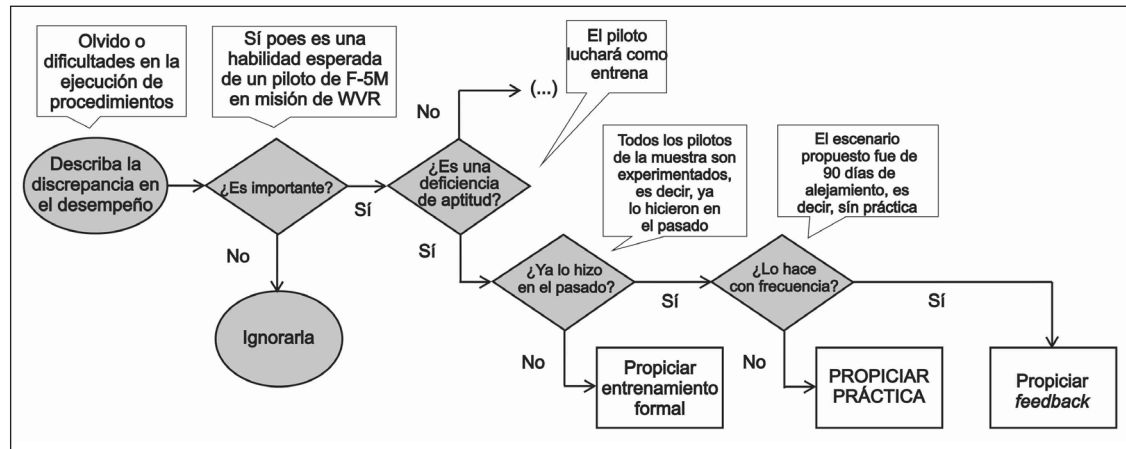
nos llevó a concluir qué habilidades se ven afectadas cuando un piloto experimentado de F-5M se aleja más de 90 días en las misiones de combate aéreo visual.

Considerando que todas las habilidades se han degradado de alguna manera, se responde sí a las primeras cuatro preguntas del diagrama de flujo propuesto por Mager y Pipe (1979). a) Describa la discrepancia de rendimiento. La percepción inicial que motivó la investigación fue reafirmada por la concordancia de los respondedores. b) ¿Es importante? Sí, pues es una habilidad esperada del piloto de F 5M. c) ¿Es una deficiencia de aptitud? Sí, pues el piloto luchará como entrena. d) ¿Ya lo ha hecho en el pasado? Sí, pues la muestra está compuesta por pilotos experimentados.

Una vez que la investigación ha establecido el escenario de 90 días de alejamiento de la actividad aérea e indagó sólo a los pilotos que habían vivido esta situación, la quinta pregunta, ¿con qué frecuencia?, tuvo no como respuesta, conforme a la Figura 5. De esta forma, el alejamiento máximo de entrenamiento adoptado por la USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2015) y la degradación del desempeño en función del alejamiento encontrado por Stillon (1999), se mostraron coherentes también en los escuadrones brasileños encuestados.

Con el enfoque en evaluar en qué medida el alejamiento influenció el desempeño de los pilotos, la mediana encontrada para cada habilidad fue analizada según la división por categoría de análisis presentada anteriormente, o sea, divididas en generales y aire-aire (UNITED STATES OF AMERICA, 2009b , BIGELOW et al., 2003).

Figura 5 – Diagrama de flujo para encontrar soluciones a los problemas de rendimiento.



Fuente: Adaptado de Mager y Pipe (1979, p. 3).

En cuanto a las habilidades generales, cinco de los 12 se consideraban degradado con grado Totalmente de Acuerdo. A su vez, la capacidad de aire-aire tenían cuatro de las 13 con grado Totalmente de Acuerdo. Estos resultados reflejan la degradación de rendimiento frente al tiempo de alejamiento, de acuerdo con la Tabla 2.

Table 2 – Resultados de la mediana divididas por habilidades para el empleo táctico.

Resultados de las Medianas	Habilidades para el Empleo Táctico	
	Habilidades Generales	Habilidades misiones aire-aire
Totalmente de Acuerdo	H6, H11, H13, H14 y H19.	H2, H18, H21, H23
Parcialmente de Acuerdo	H1, H7, H8, H16, H17, H20 y H22.	H3, H4, H5, H9, H10, H12, H15, H24 y H25.

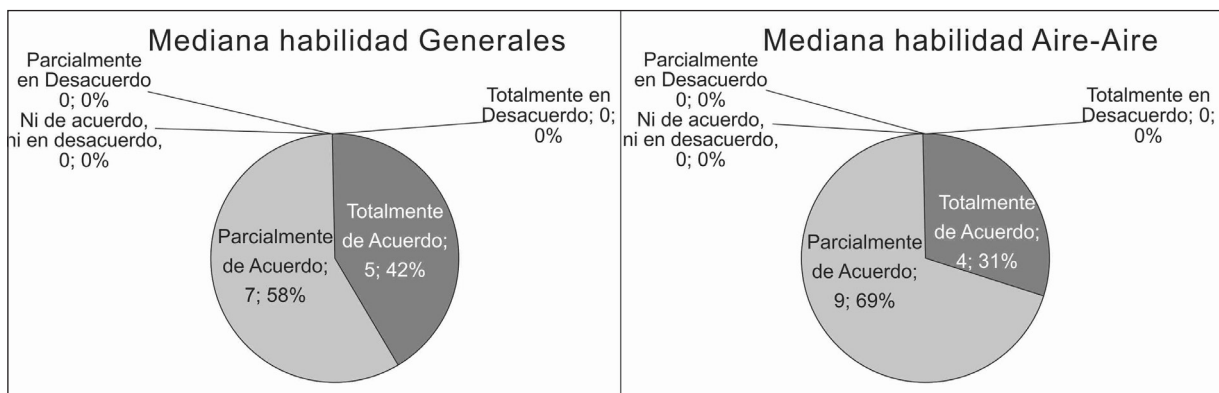
Fuente: El autor.

Los datos presentados anteriormente, cuando se analizan en percentil, se representan en la Figura 6. En ella, se observa que las habilidades generales muestran una concordancia del

42% con el grado Totalmente de Acuerdo y las habilidades aire-aire mostraron un 31% en el mismo criterio. Aunque existe una diferencia en el grado de concordancia, cuando las habilidades se dividen por categorías, ésta se mostró pequeña y poco significativa. Sin embargo, es muy significativa, cuando se observa que el 100% de los resultados han acusado que el factor tiempo de alejamiento es determinante en la degradación del rendimiento, independientemente del tipo de habilidad o clasificación.

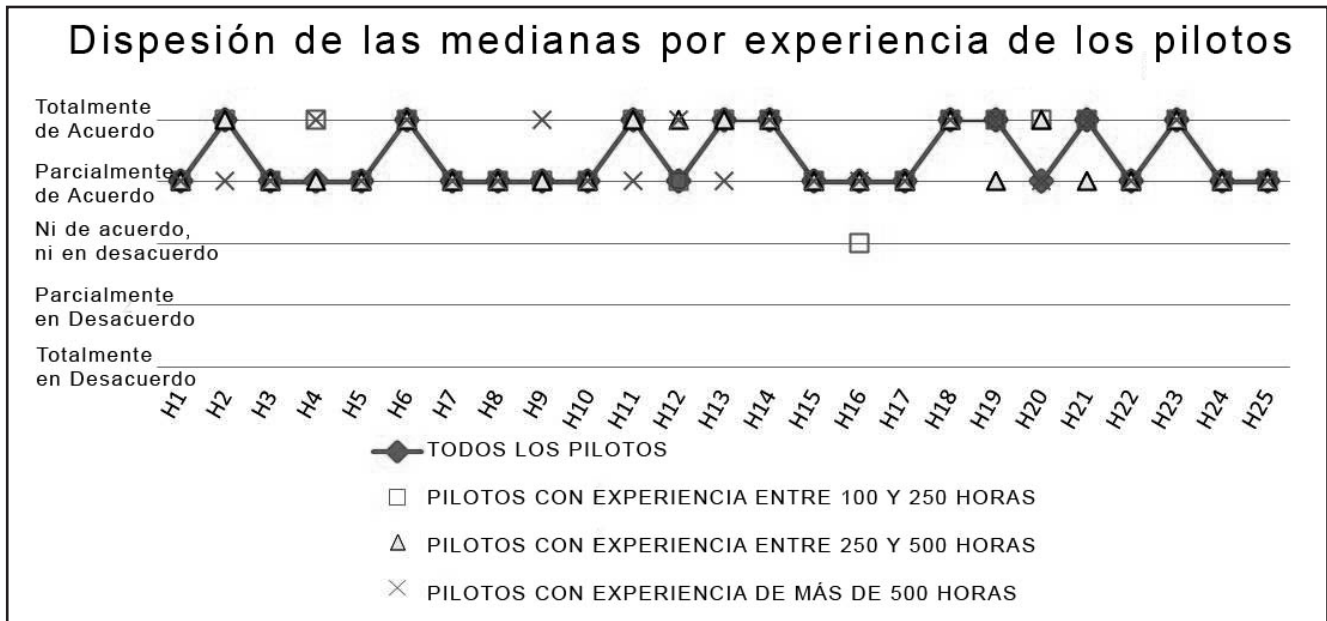
Las respuestas recibidas fueron separadas por niveles de experiencia de los entrevistados y compiladas sus respectivas medianas. En esa separación, se consideraron tres bandas: pilotos con experiencia en la aeronave F-5M, entre 100 y 250 horas, entre 250 y 500 horas y con más de 500 horas. Al analizarlas, se percibe que, independientemente de la experiencia de los respondientes, la dispersión de las medianas es mínima, siendo en su mayoría semejante a la respuesta de la muestra, conforme a la Figura 7. Esta constatación reafirma lo encontrado en estudios en la USAF en los que se percibió que el desempeño en combate aéreo es más dependiente de la frecuencia y la regularidad del entrenamiento que de la experiencia (STILLON, 1999).

Figura 6 – Diagrama de las medianas para las habilidades generales y habilidades de aire-aire.



Fuente: El autor.

Figura 7 – Dispersión de las medianas de la experiencia de los pilotos.



Fuente: El autor.(2017).

Así, según el objetivo general de este trabajo, de evaluar en qué medida el alejamiento por más de 90 días influye en el desempeño de pilotos experimentados de la aeronave F-5M en las misiones de combate aéreo visual, se observó que el 100% de las habilidades se degradan en función del tiempo de alejamiento; siendo 36% en grado **Totalmente de Acuerdo** y 64% **Parcialmente de Acuerdo**, cuando se observa a nivel global. Una vez clasificadas, se observa en las habilidades generales, 42% **Totalmente de Acuerdo** y 58% **Parcialmente de Acuerdo** y; en habilidades aire-aire, 31% **Totalmente de Acuerdo** y 69% **Parcialmente de Acuerdo**.

5 CONCLUSIÓN

Fuerzas Armadas preparadas y en condiciones de ser empleadas es el anhelo de la Estrategia Nacional de Defensa y, por consiguiente, de la Fuerza Aérea Brasileña. Así, cada Escuadrón Aéreo de F-5M de la FAB busca anualmente mantener el entrenamiento más adecuado a sus pilotos.

El presente artículo buscó evaluar en qué medida el alejamiento de más de 90 días influye en el desempeño de pilotos experimentados de la aeronave F 5M en las misiones de combate aéreo visual. Para ello, primero se identificaron 25 habilidades necesarias para el piloto de F-5M en

las misiones de combate aéreo visual (FÓRNEAS, 2015). En un segundo momento, fueron enviados a 39 pilotos de tres Escuadrones de F-5M de la FAB que se quedaron más de 90 días sin volar en combate WVR en los años 2016 y 2017, un cuestionario de cinco puntos en la escala de Likert (1932). A partir del cuestionario, se identificaron cuáles de estas habilidades se ven afectadas cuando el piloto queda alejado por más de 90 días de las misiones de WVR.

La investigación tuvo como limitación la complejidad en cuantificar la performance de los pilotos en vuelos de combate WVR. Ante el tiempo y los recursos disponibles, esta investigación buscó, a través del cuestionario aplicado, captar la percepción y la concordancia del piloto en cuanto a la degradación de sus habilidades que están directamente relacionadas con el desempeño de ese piloto.

Como base teórica, se utilizaron los estudios de Mager y Pipe (1979), que establecieron un diagrama de flujo para el análisis de problemas de desempeño, y de Stillon (1999), que percibió que la falta de periodicidad de entrenamiento está directamente relacionada a la degradación del desempeño de pilotos de caza, siendo más determinante, incluso, que la experiencia.

Las habilidades fueron analizadas como un todo y también separadas en dos categorías: habilidades

generales y aire-aire (BIGELOW et al., 2003). Los pilotos, a su vez, fueron analizados en grupo y separados por niveles de experiencia.

Como resultado de esta investigación, se identificó que el 100% de las habilidades son degradadas por el alejamiento superior a 90 días; siendo 36% **Totalmente de Acuerdo** y 64% **Parcialmente de Acuerdo**, cuando se observa a nivel mundial. Una vez clasificadas, se observan en las habilidades generales con 42% **Totalmente de Acuerdo** y 58% **Parcialmente de Acuerdo**; en habilidades aire-aire 31% **Totalmente de Acuerdo** y 69% **Parcialmente de Acuerdo**.

Al evaluar las respuestas, se observó que la experiencia de los pilotos no influyó en la percepción de la pérdida de habilidad, reafirmando lo identificado por Stillon (1999).

Los resultados obtenidos apuntaron la necesidad de revisar los límites de alejamiento del entrenamiento de la misión de WVR para pilotos de F-5M de la FAB. El período de alejamiento estipulado en ese estudio fue el mismo adoptado por la USAF, que utiliza 90 días como límite máximo de alejamiento. En la fuerza aérea en cuestión, cuando se alcanza ese límite, el piloto necesita hacer una misión de readaptación al combate visual para readquirir las habilidades esperadas.

La identificación de la degradación del rendimiento en función del alejamiento, analizada por este trabajo, servirá de referencia científica

para fundamentar decisiones futuras acerca de la periodicidad del entrenamiento de pilotos de caza y del consiguiente mantenimiento de las habilidades obtenidas en las formaciones iniciales. Las conclusiones, por ser afines al desempeño de los pilotos de caza, serán útiles incluso en la formulación del programa de entrenamiento del nuevo caza de la FAB, el F-39 - Gripen.

Este trabajo tuvo como objetivo el desempeño de los pilotos de F-5M en las misiones de combate aéreo visual. Sin embargo, la USAF (UNITED STATES OF AMERICA, 2015) tiene períodos de alejamiento máximo y programas de readaptación para sus pilotos en muchas otras misiones, lo que deja en camino para otros trabajos para verificar si el alejamiento de la actividad aérea afecta las habilidades de los pilotos en otras misiones también.

Otro campo de estudio dejado en abierto fue acerca del impacto del alejamiento de la actividad aérea en el desempeño de los pilotos cuando se analiza bajo la óptica de la ergonomía física.

Este trabajo tuvo como objetivo promover una evaluación de la influencia del alejamiento de la actividad aérea en el desempeño de los pilotos de F-5M, exponiendo que existe una degradación de las habilidades debido a la falta de práctica, y ofrece un fundamento científico para el perfeccionamiento del entrenamiento de pilotos de caza, al mismo tiempo, una Fuerza Aérea cada día más preparada y lista para el empleo.

REFERENCIAS

BIGELOW, J. H.; TAYLOR, W. W.; MOORE, S. C.; THOMAS, B. **Models of Operational Training in Fighter Squadrons**. Rand Research Institute: Santa Monica, CA, 2003. Disponível em: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/2005/MR1701.pdf Acesso em: 05 ago. 2017.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado Maior da Aeronáutica. Portaria GABAER nº 189/GC3, de 30 de janeiro de 2017. Aprova a 1ª modificação da DCA 11-45 “Concepção Estratégica Força Aérea 100”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 18, f. 1058, 01 fev. 2017.

BRASIL. Decreto Legislativo nº 373, de 25 de setembro de 2013. Aprova a Política Nacional de Defesa, a Estratégia Nacional de Defesa e o Livro Branco de Defesa Nacional, encaminhados ao Congresso Nacional pela Mensagem nº 83, de 2012 (Mensagem nº 323, de 17 de julho de 2012, na origem). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2013. Disponível em: < <http://www.defesa.gov.br/arquivos/2012/mes07/end.pdf> >. Acesso em: 20 ago. 2017.

COCHRAN, W. G. **Técnicas de amostragem**. Sampling Techniques. Tradução de Fernando A. Moreira Barbosa. Rio de Janeiro: Aliança para o Progresso, 1965. 55p.

CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e estatística**. 2. ed. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomics for Beginners**: a quick reference guide. 3rd ed. Boca Raton, FL, 2008.

FÓRNEAS, R. L. S. **Desenvolvimento de Competências no Programa de Formação Operacional da aeronave F-5M**. 2015. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2015.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRAMIGNA, M. R. **Modelo de competências e gestão dos talentos**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

GÜNTHER, H. **Como elaborar um questionário**. Brasília, DF: UnB, Laboratório de psicologia ambiental, 2003. (Série Planejamento de pesquisa em ciências sociais, nº1)

HART, S. D.; STAVELAND, L. E. Development of NASA TLX (Task Load Index): results of Empirical and Theoretical Research. **Advances in Psychology**, Amsterdam, v. 52, p.139-183, 1988.

LIKERT, R. **A technique for the Measurement of Attitudes**: archives of Psychology. New York: R. S. Woodworth, 1932.

MAGER, R. F.; PIPE, P. Trad. Maria Ângela Vinagre de Almeida. **Análise de Problemas de Desempenho**. 2. ed. Porto Alegre: Globo, 1979.

STILLON, J. **Blunting the Talons**: the Impact of Peace Operations Deployments on USAF Fighter Crew Combat Skills. 1999. 144 f. Dissertation (Doctoral in Public Policy Analysis) – Rand Graduate School, Santa Monica, CA, 1999. Disponível em: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/rgs_dissertations/2006/RGSD147.pdf. Acesso em: 05 ago. 2017.

UNITED STATES OF AMERICA. Secretary of the Air Force. Department of the Air Force. **AFI 11-2F-16 V1**: F-16 Pilot Training. Washington, DC, 2015. Disponível em: http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a3/publication/afi11-2f-16v1/afi11-2f-16v1.pdf. Acesso em: 05 ago. 2017.

UNITED STATES OF AMERICA. Secretary of the Air Force. Department of the Air Force. **AFI 11-2F-16 V2**: F-16 Aircrew Evaluation Criteria. Washington, DC, 2009b. Disponível em: http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a3_5/publication/afi11-2f-16v2/afi11-2f-16v2.pdf. Acesso em: 05 ago. 2017.

UNITED STATES OF AMERICA. Secretary of the Air Force. Department of the Air Force. **AFI 11-412**: Aircrew Management. Washington, DC, 2009a. Disponível em: http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a3_5/publication/afi11-412/afi11-412.pdf. Acesso em: 05 ago. 2017.

WOODS, D. D.; SARTER, N. B. **Learning from Automation Surprises and “Going Sour” Accidents**: progress on Human-Centered Automation. NASA Ames Research Center. Moffet Field, CA, 1998.

As competências necessárias ao piloto para o cumprimento da Ação de Ataque com o AH-2 Sabre: uma análise curricular

The required skills for the pilot to perform the Attack Action with the AH-2 Sabre: a curricular analysis

Las competencias necesarias al piloto para el cumplimiento de la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre: un análisis curricular

José Adriano Hespanhol¹

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é verificar em que medida o conteúdo curricular do Curso de Especialização Operacional na Aviação de Asas Rotativas (CEOAR), ministrado pelo Primeiro Esquadrão do Décimo Primeiro Grupo de Aviação (1º/11º GAV), responsável pela formação dos pilotos de helicóptero da Força Aérea Brasileira (FAB), desenvolve as competências necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre. A partir de um referencial teórico, aplicaram-se métodos que possibilitaram a coleta dos dados desejados. Assim, as competências necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 foram obtidas por pesquisa de levantamento, com a aplicação do Método Delphi (opinião de especialistas) em duas rodadas que resultaram em 15 conhecimentos, 17 habilidades e 20 atitudes. As competências desenvolvidas no CEOAR, por sua vez, foram extraídas por pesquisa documental do Currículo Mínimo e da sua Ordem de Instrução. Da correlação dessas listas verificou-se que o currículo atual do CEOAR é eficiente para a proposta em pauta por desenvolver, ainda que superficialmente em alguns casos, 100% dos conhecimentos, 82% das habilidades e 95% das atitudes desejadas, conforme apresentado na análise dos dados.

Palavras-chave: Competências. Currículo. AH-2 Sabre. Aviação de asas rotativas.

ABSTRACT

The objective of this research is to verify to what extent the curricular content of the Operational Specialization Course in Rotary Wing Aviation (CEOAR), taught by the First Squadron of the Eleventh Aviation Group (1st/11th GAV), responsible for helicopter pilot training of the Brazilian Air Force (FAB), develops the necessary skills for the pilot who will perform the Attack Action with the AH-2 Sabre. From a theoretical framework, methods that enabled the collection of the desired data have been applied. Thus, the necessary competences for the pilot who will perform the Attack Action with AH-2 have been determined by a survey with the application of the Delphi Method (expert opinion) in two rounds that resulted in 15 knowledge, 17 skills and 20 attitudes. The competences developed in the CEOAR, in turn, were extracted by documentary research of the Minimum Curriculum and its Order of Instruction. The correlation of these lists revealed that the current curriculum of the CEOAR is efficient for the proposal to develop, although superficially in some cases, 100% of the knowledge, 82% of the skills and 95% of the desired attitudes, as presented in the analysis of the data.

Keywords: Competences. Curriculum. AH-2 Sabre. Rotary wing aviation.

I. Primeiro Esquadrão do Décimo Primeiro Grupo de Aviação (1º/11º GAV) – Natal/RN – Brasil. Major Aviador da Força Aérea Brasileira (FAB). E-mail: jahespanhol@yahoo.com.br

Recebido: 16/02/18

Aceito: 02/09/18

RESUMEN

El propósito de esta investigación es verificar en qué medida el contenido curricular del Curso de Especialización Operacional en la Aviación de Alas Rotativas (CEOAR), impartido por el Primer Escuadrón del Undécimo Grupo de Aviación (1er/11º GAV), responsable de la formación de pilotos de helicóptero de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB), desarrolla las competencias necesarias al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre. A partir de un marco teórico, se aplicaron métodos que posibilitaron la recolección de los datos deseados. Así, las competencias necesarias para el piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 fueron obtenidas por investigación de levantamiento, con la aplicación del Método Delphi (opinión de especialistas) en dos rondas que resultaron en 15 conocimientos, 17 habilidades y 20 actitudes. Las competencias desarrolladas en el CEOAR, a su vez, fueron extraídas por investigación documental del Currículo Mínimo y de su Orden de Instrucción. De la correlación de esas listas se verificó que el currículo actual del CEOAR es eficiente para la propuesta en pauta por desarrollar, aunque superficialmente en algunos casos, el 100% de los conocimientos, el 82% de las habilidades y el 95% de las actitudes deseadas, como presentado en el análisis de datos.

Palabras clave: Habilidades. Currículo. AH-2 Sabre. Aviación de alas rotativas.

1 INTRODUÇÃO

Para que seja capaz de contribuir para a defesa da Pátria, garantir os poderes constitucionais, a lei e a ordem, a Força Aérea Brasileira (FAB) tem como objetivo permanente e prevalecente o preparo de seus meios para a realização de operações aéreas, priorizando a manutenção do nível adequado de treinamento de suas equipagens.

Em caso de conflito, deverá ainda ser capaz de, sob o seu comando, empregar seus meios de combate, em operações singulares e em operações conjuntas e combinadas (com as demais Forças Armadas nacionais e/ou estrangeiras) (BRASIL, 2010).

Neste contexto, um dos meios a que se refere o parágrafo anterior é a Aviação de Asas Rotativas. O treinamento dos pilotos de helicóptero da FAB tem início quando, ao término do Curso de Formação de Oficiais Aviadores, da Academia da Força Aérea, os Aspirantes a Oficial-Aviador são designados para realizar o Curso de Especialização Operacional na Aviação de Asas Rotativas (CEOAR), ministrado pelo

Primeiro Esquadrão do Décimo Primeiro Grupo de Aviação (1º/11º GAV). Tais aviadores são chamados de estagiários durante o curso e assim serão denominados também neste artigo.

Uma das principais características do helicóptero é a versatilidade, que o torna capaz de cumprir diversos tipos de missão, desde salvamentos e evacuações aeromédicas a combates aéreos e ataques ao solo. Para explorar tais capacidades, a FAB possui seis esquadrões que operam aeronaves de asas rotativas e possuem missões específicas. Neste ponto, fica evidenciada a complexidade da missão do 1º/11º GAV, que compreende proporcionar aos estagiários o conhecimento e o treinamento para o emprego operacional nas Ações de Força Aérea desempenhadas pela Aviação de Asas Rotativas, por meio de instruções teóricas e práticas (BRASIL, 2016a). Em analogia com a Aviação de Asas Fixas, é como se um único curso fosse responsável por especializar pilotos de caça, transporte, patrulha e reconhecimento, já que o 1º/11º GAV deve desenvolver as competências necessárias, tanto aos pilotos que atuarão na Ação de Busca e Salvamento, quanto àqueles que desempenharão a Ação de Ataque.

Ter de abranger tamanha gama de Ações de Força Aérea faz com que o CEOAR se torne um curso complexo, com variadas fases que visam englobar as especificidades de todos os esquadrões de Asas Rotativas da FAB, de modo que os estagiários desenvolvam um conhecimento geral sobre as potencialidades dos helicópteros, bem como habilidades que utilizarão no atendimento à missão do esquadrão para o qual serão movimentados. A fase de emprego de armamento, com utilização de armamento frontal e operado pelo piloto, por exemplo, é indispensável aos pilotos que serão designados para o Segundo Esquadrão do Oitavo Grupo de Aviação (2º/8º GAV), mas tal conhecimento não será utilizado pelos pilotos designados aos demais esquadrões de asas rotativas. Da mesma forma, os estagiários realizam um Curso Teórico de Busca e Salvamento (CTBS), indispensável aos pilotos que voarão no Segundo Esquadrão do Décimo Grupo de Aviação (2º/10º GAV), mas cujos conhecimentos não serão utilizados por aqueles que forem movimentados para o 2º/8º GAV.

O CEOAR é definido em seu Plano de Avaliação como

Conjunto de **atividades de ensino**, cuja finalidade é proporcionar experiências de aprendizagem **que habilitem o estagiário a discriminar e aplicar princípios, conceitos, normas e procedimentos** necessários ao emprego de helicópteros em Ações de Força Aérea específicas, estabelecidas pelo COMGAR. (BRASIL, 2016b, p. 12, grifo do autor).

Além da especialização do estagiário como piloto de helicópteros, o CEOAR busca incentivar o desenvolvimento de atributos militares, intelectuais e profissionais, bem como dos padrões éticos e morais desejáveis a um oficial da Força Aérea. Fomenta o patriotismo, a capacitação para o comando e liderança, o conhecimento acerca do emprego do poder aéreo e a formação de uma visão crítica com vistas à sugestão de soluções adequadas ao desenvolvimento da Aviação de Asas Rotativas.

Nesse contexto, de modo a investigar em que medida o currículo desenvolvido no CEOAR é capaz de desenvolver as competências necessárias aos pilotos de helicóptero da FAB, considerados os conhecimentos (saber), as habilidades (saber fazer) e as atitudes (querer fazer) trabalhadas durante o curso, esta pesquisa foi delimitada à verificação do desenvolvimento das competências necessárias no cumprimento da Ação de Ataque com aeronaves de asas rotativas, tendo em vista a sua importância e a sua especificidade, já que é atribuída a apenas dois dos esquadrões de helicópteros da FAB: o Quinto Esquadrão do Oitavo Grupo de Aviação (5º/8º GAV) e o Segundo Esquadrão do Oitavo Grupo de Aviação (2º/8º GAV).

Este trabalho foi delimitado ao cumprimento de missões de ataque com o AH-2 Sabre, helicóptero de ataque da FAB, levando-se em conta ainda as diferenças da pilotagem nessa aeronave, em comparação com os outros tipos helicópteros. Essa delimitação considerou a experiência do autor, que compôs o Quadro de Tripulantes do 2º/8º GAV por nove anos e hoje é instrutor do CEOAR.

Considerando que um currículo de aprendizado deve ser elaborado com base nas competências que almeja desenvolver (SACRISTÁN, 2000), surge a seguinte indagação: em que medida o conteúdo curricular do CEOAR desenvolve as competências necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre?

Para a obtenção das respostas desejadas, foram estabelecidas as seguintes Questões Norteadoras (QN):

QN1: que competências são necessárias ao piloto para o cumprimento da Ação de Ataque com o AH-2 Sabre?

QN2: que competências são desenvolvidas no CEOAR?

Para propor soluções a esses questionamentos, este trabalho de pesquisa tem como objetivo geral identificar em que medida o currículo do CEOAR desenvolve as competências necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre. Com a finalidade de atingir tal objetivo, foram estabelecidos ainda os seguintes Objetivos Específicos (OE):

OE1: verificar, junto a especialistas, quais competências são necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre.

OE2: identificar quais competências são desenvolvidas no CEOAR, com base no estudo do Currículo Mínimo deste e de sua Ordem de Instrução.

A investigação acerca do problema-objeto deste artigo tem como linha de pesquisa a Educação na Força Aérea, já que objetiva verificar se o atual currículo do CEOAR está consoante com a missão atribuída ao 1º/11º GAV, no tocante ao preparo do piloto de helicópteros que será designado para o 2º/8º GAV e cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre.

Mais que uma questão orçamentária ou um teste de eficiência, sua importância traduz-se por compreender que o desenvolvimento adequado dos conhecimentos, das habilidades e das atitudes, durante o período de formação, é essencial para possibilitar a continuidade no desenvolvimento das competências no Esquadrão Operacional para o qual o estagiário será designado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Perrenoud (1999, p. 7), competência é definida como “[...] capacidade de agir eficazmente em um determinado tipo de situação, apoiada em conhecimentos, mas sem limitar-se a eles”.

Alia-se à competência a capacidade de inovar, ir além do que está previsto, buscar soluções parcialmente originais, de acordo com a singularidade da situação presente, extrapolando a simples lembrança de experiências passadas (PERRENOUD, 1999, p. 31).

Santos (2001) estabelece uma correlação entre a gestão de competências e a formação que um profissional deve possuir para desempenhar satisfatoriamente um determinado cargo. Ressalta ainda a acepção holística dessas competências, compreendendo não apenas os conhecimentos e as habilidades necessárias para a realização de determinada atividade, mas também atitudes vinculadas ao bom desempenho na referida atividade.

Na mesma linha de pensamento, Rabaglio (2001) afirma que a competência tem como base três dimensões: conhecimentos, habilidades e atitudes (CHA). Da junção das três iniciais, define que CHA é um conjunto que engloba, não somente as questões técnicas (conhecimentos – saber), mas também a capacidade para empregar os conhecimentos (habilidades – saber fazer) e o comportamento diante das tarefas (atitudes – querer fazer), como segue.

C (conhecimento – saber): conhecer manuais técnicos relativos à aviação, conhecer táticas e técnicas

importantes para a realização de determinado tipo de voo, conhecer normas importantes ao desenvolvimento da pilotagem e(ou) ao cumprimento de determinada missão, etc.;

H (habilidade – saber fazer): capacidade de utilizar na prática os conhecimentos (praticar o saber) – saber planejar determinado tipo de missão, saber empregar táticas e técnicas específicas, saber operar a aeronave em determinada condição, etc.; e

A (atitude – querer fazer): comportamento que nos leva a aplicar conhecimentos e habilidades na execução de uma determinada tarefa – buscar aprimoramento em determinada tática ou técnica de voo, querer aplicar corretamente os conhecimentos presentes nos manuais de voo, etc.

O conceito de currículo torna-se igualmente importante para o desenvolvimento deste trabalho. Sacristán (2000, p. 16) define currículo como “O contexto da prática, ao mesmo tempo em que é contextualizado por ela.” e defende que não se limita a uma relação de conteúdos intelectuais a serem aprendidos, mas pretende refletir o esquema socializador formativo e cultural da instituição escolar. Corroborar assim para a ideia de que extrapola a simples transmissão de conhecimentos, mas desenvolve habilidades e atitudes adequadas a um objetivo-fim. Segundo o autor, o currículo estabelece as estratégias de ensino que serão utilizadas para atingir a meta educacional proposta. Destaca ainda a importância da análise curricular, compreendendo seus conteúdos e formas, como básica para a compreensão da missão da instituição.

Sacristán (2000) defende a importância da constante análise dos conteúdos didáticos para a melhoria dos currículos escolares. Estes devem ser instrumentos flexíveis e dinâmicos, para que se mantenham eficazes segundo o objetivo proposto. Dessa forma, um currículo bem estruturado que desenvolva as competências julgadas necessárias ao correto desempenho de uma atividade será mais eficiente na formação de um profissional bem preparado para o cumprimento de suas atribuições.

No caso do CEOAR, a ICA 37-551 – Currículo Mínimo do Curso de Especialização Operacional na Aviação de Asas Rotativas – é o documento da FAB que estabelece o conteúdo programático mínimo a ser desenvolvido, fixando os conteúdos a serem ministrados nas diversas fases do Curso. Engloba a instrução terrestre e aérea (BRASIL, 2016a).

Com respeito a instrução aérea, os objetivos, os exercícios, os níveis a atingir, o desenvolvimento da missão, o Método SIPAER de Gerenciamento de Risco (MSGR), bem como as recomendações especiais e de segurança afetas à missão são estabelecidos nas Ordens de Instrução (BRASIL, 2015).

É importante considerar também a seguinte definição da Ação de Ataque, segundo a Doutrina Básica da FAB – DCA 1-1.

É a Ação que consiste em empregar Meios de Força Aérea para neutralizar ou destruir alvos inimigos, previamente localizados e identificados. (BRASIL, 2012, p. 51).

Destaca-se ainda a diferença entre Ação de Força Aérea e Missão de Força Aérea, conceituadas no mesmo documento:

Ação de Força Aérea: Ato de empregar, no nível tático, Meios de Força Aérea para causar um ou mais efeitos desejados em uma campanha ou operação militar. Envolve ações letais e não letais de emprego do Poder Aeroespacial, bem como ações especializadas destinadas a suportar e a complementar a capacidade operacional da Força Aérea. (BRASIL, 2012, p. 9)

Missão de Força Aérea: Ação de Força Aérea atribuída a um comandante de aeronave, líder de formação de aeronaves, comandante de unidade terrestre ou comandante de fração de tropa, com a finalidade de alcançar objetivos táticos. (BRASIL, 2012, p. 10)

Dessa forma, a investigação foi conduzida com base no referencial teórico exposto, na análise dos documentos que balizam o CEOAR e na sua correlação com as competências (conhecimentos, habilidades e atitudes) necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre. Assim, pretende-se responder ao problema de pesquisa proposto, ao identificar percentualmente em que medida são desenvolvidas no CEOAR, as competências necessárias à realização da tarefa em questão e, conseqüentemente, se o currículo atual está adequado ou necessita de algum ajuste.

3 METODOLOGIA

Segundo as definições de Gil (2010) e considerando o objetivo geral deste trabalho científico, a pesquisa é classificada como descritiva, uma vez que objetiva identificar as competências necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre e aquelas desenvolvidas no CEOAR.

Com base nos procedimentos técnicos utilizados, ainda segundo Gil (2010), é classificada como pesquisa de levantamento, por identificar as competências necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre por meio da aplicação de questionários, respondidos por um grupo de especialistas (OE1) e como pesquisa documental, por identificar as competências desenvolvidas no CEOAR

por meio da análise de documentos que regem o funcionamento do curso (OE2).

Para que seja atingido o OE1, foi adotado neste artigo o método de especialistas, chamado de Delphi por rodadas, sugerido por Santos (2001). Nesse método, é definido um grupo de especialistas que responderá a questionários, individualmente e sem contato com as opiniões dos demais, a fim de determinar as competências requeridas ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre, com base em CHA (conhecimentos, habilidades e atitudes). Dentre os métodos registrados pela literatura científica para a determinação de competências, foi selecionado o Método Delphi, dada a simplicidade de sua aplicação e por garantir imparcialidade na opinião de cada um dos especialistas.

Os instrutores de AH-2 Sabre, helicóptero de ataque da FAB, foram considerados especialistas, dada a experiência desses pilotos no treinamento das missões de ataque com essa aeronave e suas participações no desenvolvimento e no aprimoramento das competências requeridas nos pilotos recém-chegados ao 2º/8º GAV.

Desse universo de instrutores, a amostra desta pesquisa se limitou aos onze instrutores pertencentes ao efetivo do 2º/8º GAV na atualidade, considerando serem os mais atualizados quanto às competências em questão. Assim, foram enviados questionários para esses pilotos, tendo sido obtida uma taxa de respostas de 90,9%; portanto, um total de dez opiniões distintas.

A fim de checar o tamanho mínimo para a confiabilidade da amostra e o erro amostral para a presente pesquisa, foi considerada a definição de Crespo (2002), conforme o resultado da Equação 1.

$$n = \frac{N \times 1/E^2}{N + 1/E^2} \quad (1)$$

Considerando **E** como o erro amostral tolerável (10%), **N** como o universo de pesquisa (11) e **n** como o tamanho mínimo da amostra, tem-se:

$$n = \frac{11 \times 1/(0,1)^2}{11 + 1/(0,1)^2} \approx 9,9$$

Portanto, como a amostra atingida foi maior que 9 (aproximadamente 10 respostas), para um nível de confiança de 95% e margem de erro de 10%, é considerada válida e confiável (GIL, 2010).

Para verificar a clareza dos questionamentos e assegurar a confiabilidade dos dados coletados, o questionário inicial foi submetido a um pré-teste.

Segundo Lakatos e Marconi (2003), um pré-teste com mensuração de 5 a 10% do valor da amostra é suficiente para verificar até que ponto a ferramenta para coleta de dados tem condições de garantir resultados isentos de erros. Nesta etapa, foi respondido previamente por dois instrutores de AH-2 Sabre, com experiência no cumprimento da Ação de Ataque com esta aeronave, mas não pertencentes ao atual efetivo do 2º/8º GAV. Dessa forma, foi possível verificar sua legibilidade e corrigir possíveis inconsistências.

Foram utilizados para a coleta de dados questionários *on-line*, criados na plataforma *Survey Monkey* e enviados por *link* e *e-mail* aos especialistas selecionados. Tal opção permitiu o acesso aos respondentes (possibilitando o preenchimento até mesmo pelo celular), proporcionando, assim, mais rapidez nas respostas que os métodos tradicionais.

Em uma primeira rodada, cada um dos especialistas respondeu a perguntas abertas, em que foram elencados os conhecimentos, as habilidades e as atitudes julgados essenciais ao piloto que cumprirá a Ação a Ataque com o AH-2 Sabre, sem conhecimento das respostas dos demais. Posteriormente, foram eliminadas as repetições e semelhanças, resultando em três listas reduzidas que formaram três matrizes de competências, por tipo (CHA).

Na segunda rodada, cada especialista recebeu as matrizes de competências definidas na primeira rodada, constituídas por 16 conhecimentos, 19 habilidades e 31 atitudes, e respondeu se concorda ou não com cada um dos CHA listados. Com as respostas de todos os especialistas, a validação de cada competência foi obtida a partir de um Coeficiente de concordância, conforme representado na Equação 2 (SANTOS, 2001).

$$Cc = (1 - Vn/Vt) \times 100 \quad (2)$$

Onde,

Cc = Coeficiente de Concordância expresso em porcentagem.

Vn = Quantidade de especialistas em desacordo com o critério predominante.

Vt = Quantidade total de especialistas.

Santos (2001) considera aceitável como consenso entre os especialistas Coeficientes de Concordância maiores ou iguais a 60% ($Cc \geq 60\%$). Assim, as competências com Cc menor que 60% foram excluídas, devido ao baixo nível de concordância ou pouco consenso. Após esse processamento, restaram 15 conhecimentos, 17 habilidades e 20 atitudes (detalhados no tópico **Aplicação** do Método Delphi).

Com a junção dessas três dimensões, conforme o referencial teórico adotado nesta pesquisa, foi possível verificar as competências necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre, respondendo à primeira Questão Norteadora (QN1) e, conseqüentemente, atingindo o primeiro Objetivo Específico (OE1).

Para responder à segunda Questão Norteadora (QN2) e, assim, alcançar o segundo Objetivo Específico (OE2), as competências desenvolvidas no CEOAR foram identificadas com base na análise documental do Currículo Mínimo e das Ordens de Instrução do CEOAR, por se tratar dos documentos que balizam o curso, conforme descrito no referencial teórico.

Por fim, tendo como base o referencial teórico deste artigo e com a finalidade de atingir o objetivo geral, foram comparadas as competências identificadas na pesquisa documental do CEOAR com aquelas definidas na pesquisa de levantamento das opiniões do grupo de especialistas definido nesse trabalho.

Da análise dos dados, foi obtida a resposta para o problema de pesquisa e elucidado o objetivo geral proposto.

4 ANÁLISE DE DADOS

Nos tópicos seguintes, serão analisados os dados obtidos na aplicação da metodologia, de forma a possibilitar o alcance dos objetivos e as respostas às indagações propostas neste artigo.

4.1 Aplicação do Método Delphi

Após a primeira rodada de questionários, conforme a aplicação do Método Delphi (SANTOS, 2001), todas as competências elencadas pelos especialistas foram listadas, eliminando-se as repetições e semelhanças. O resultado foram três relações divididas em 16 Conhecimentos, 19 Habilidades e 31 Atitudes (CHA). Com isso foram construídas as Matrizes de Competências Definidas pelos Especialistas.

Na segunda rodada, cada um dos especialistas sinalizou se concordava ou não com os CHA obtidos na primeira rodada. Assim, aplicado o Coeficiente de Concordância definido por Santos (2001), foram eliminados os itens com concordância menor que 60%. Dessa forma, foram construídas as Matrizes de Competências Apuradas com Nível de Concordância, conforme as Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1 – Matriz de Conhecimentos Apurada com Nível de Concordância.

Conhecimentos	
C1	Conhecer e respeitar os limites e as capacidades da aeronave.
C2	Conhecer os procedimentos de segurança da aeronave e do armamento.
C3	Conhecer os procedimentos do Gerenciamento de Recursos da Tripulação (<i>Crew Resources Management</i> – CRM).
C4	Conhecer a Missão de Ataque (doutrina e fatores de influência).
C5	Conhecer a legislação pertinente, a fraseologia padrão e as palavras código (Constituição Federal e as Normas Operacionais do Sistema de Defesa Aeroespacial (NOSDA)).
C6	Conhecer os métodos utilizados nas formaturas táticas.
C7	Conhecer as diversas formas de navegação tática (Navegação a Baixa Altura (NBA), Navegação Entre Obstáculos (NOE), etc.).
C8	Conhecer as técnicas do voo com Óculos de Visão Noturna.
C9	Conhecer técnicas de emprego do armamento ar-solo.
C10	Conhecer técnicas de emprego do armamento ar-ar.
C11	Conhecer as manobras de combate.
C12	Conhecer o ambiente de operação e as ameaças (cenário, capacidades do inimigo, etc.).
C13	Conhecer detalhes do objetivo.
C14	Conhecer os procedimentos da escolta.
C15	Conhecer a doutrina de emprego em pacote.

Fonte: O Autor.

Tabela 2 – Matriz de Habilidades Apurada com Nível de Concordância.

Habilidades	
H1	Planejar missões no Sistema de Planejamento de Missões Aéreas (PMA).
H2	Operar o sistema PMA como uma forma de desconflito nas missões em pacotes.
H3	Planejar missões no <i>Armspod</i> (Sistema de Planejamento de Missões do AH-2).
H4	Raciocinar com horário, sol, lua e meteorologia.
H5	Operar a aeronave no voo básico diurno e noturno.
H6	Gerenciar os diversos sistemas da aeronave.
H7	Operar o helicóptero na missão de ataque.
H8	Operar a aeronave em voo de formatura.
H9	Operar a aeronave a baixa altura (NOE), utilizando técnicas de ocultação no terreno.
H10	Operar o sistema de armamento da aeronave.
H11	Estar proficiente em todas as formas de emprego do vetor que opera.
H12	Voar em ala e coordenar o emprego armado simultaneamente.
H13	Saber coordenar uma situação adversa.
H14	Combater ameaças de solo e aéreas.
H15	Prestar apoio ao seu ala.
H16	Manobrar a aeronave no limite de seu envelope operacional, obtendo vantagem em relação ao inimigo.
H17	Voar com Óculos de Visão Noturna.

Fonte: O Autor.

Tabela 3 – Matriz de Atitudes Apurada com Nível de Concordância.

Atitudes	
A1	Identificar-se com a missão de ataque.
A2	Ter dedicação no preparo da missão.
A3	Quantificar e qualificar os riscos da missão.
A4	Controlar a execução do planejamento em voo.
A5	Trabalhar em equipe com toda a tripulação.
A6	Estar atento às ameaças.
A7	Ser capaz de interpretar uma situação adversa, observando a fraqueza do inimigo a seu favor.
A8	Ter criatividade para o desenvolvimento de técnicas e táticas.
A9	Buscar a excelência no emprego do armamento aéreo.
A10	Possuir a coragem para cumprir a missão.
A11	Interesse no constante estudo do inimigo.
A12	Colaborar com o aperfeiçoamento do grupo.
A13	Estar disposto a executar exaustivos treinamentos.
A14	Ter concentração para o voo.
A15	Ter iniciativa.
A16	Possuir uma estabilidade emocional elevada.
A17	Conhecer suas próprias limitações/restrições.
A18	Dar o máximo de si.
A19	Ter serenidade para a tomada de decisões (talvez difíceis).
A20	Ter elevada capacidade de adaptabilidade.

Fonte: O Autor.

Com base nos conceitos de Rabaglio (2001) acerca da formação de competências, conclui-se que o somatório dos conhecimentos, das habilidades e das atitudes, listados nas tabelas 1, 2 e 3, resume as competências necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre. Desse modo, é respondida a primeira Questão Norteadora (QN1) e atingido o primeiro Objetivo Específico (OE1) deste artigo.

4.2 Análise documental

Na sequência de processos e seguindo os princípios defendidos por Sacristán (2000), segundo o qual o currículo contempla o conteúdo necessário ao desenvolvimento dos conhecimentos, habilidades e

atitudes adequadas ao objetivo fim de uma instituição, foi realizada a pesquisa documental do Currículo Mínimo e da Ordem de Instrução do CEOAR de modo a identificar quais são as competências desenvolvidas no Curso. Tais competências possibilita alcançar o segundo Objetivo Específico (OE2), bem como responder à segunda Questão Norteadora (QN2) deste trabalho.

4.3 Comparação dos resultados

De posse das competências necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre (Método Delphi) e das competências desenvolvidas no CEOAR (pesquisa documental), foi possível estabelecer uma relação entre elas, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Identificação das competências coincidentes.

(continua)

	CÓDIGO – NOMENCLATURA	CONHECIMENTOS	HABILIDADES	ATTITUDES
CURRÍCULO MÍNIMO DO CEOAR	Instrução técnica do H-50.	C1, C2	H6	-
	Aula da fase de adaptação diurna.	-	H5	-
	Apronto da fase de adaptação diurna.	-	H5	-
	Gerenciamento de Recursos da Tripulação (<i>Crew Resources Management – CRM</i>).	C3	H13	A5, A6, A12, A15, A16, A19
	Aula da fase de adaptação noturna.	-	H5	-
	Apronto da fase de adaptação noturna.	-	H5	-
	Aula da fase de formatura tática.	C6	H15	-
	Apronto da fase de formatura tática.	C6	H15	-
	Aula da fase de navegação.	C7	-	-
	Apronto da fase de navegação à baixa altura (NBA).	C7	-	-
	Aula da fase de navegação entre obstáculos (NOE).	C7	H9	-
	Apronto da fase de navegação entre obstáculos (NOE).	C7	H9	-
	Geometria de emprego.	C9, C10	-	A9
	Aula da fase de ataque.	C4, C5	H4, H14	A1, A3
	Apronto da fase de ataque.	C4, C5	H4, H14	-
	Aula da fase de escolta.	C14	-	-
	Apronto da fase de escolta.	C14	-	-
	Sistema de armamento axial Helibrás.	C2	H10	-
	Apronto da fase de tiro terrestre.	C2, C9	H10, H11, H14	A9
	Apronto da fase de lançamento de foguete.	C2, C9	H10, H11, H14	A9
Instrução de Emprego de Helicóptero em Combate.	C5, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C15	H11, H14, H16, H17	A6, A7, A8, A9, A11	
Estágio Fisiológico e Instrução de NVG.	C8	H17	A17	
Instrução de Utilização do PMA II.	-	H1	-	
Percepção Visual de Objetivos (PVO).	C12, C13	-	A11	

(conclusão)

ORDEM DE INSTRUÇÃO	Adaptação diurna.	-	H5	-
	Adaptação noturna.	-	H5	-
	Formatura tática.	-	H8, H15	-
	Navegação a Baixa Altura (NBA).	C7	-	A4
	Navegação Entre Obstáculos (NOE).	C7	H9	A4
	Tiro terrestre rasante.	C2, C9	H10, H11, H14	A9
	Tiro terrestre pairado.	C2, C9	H10, H11, H14	A9
	Lançamento de foguete.	C2, C9	H10, H11, H14	A9
	Ataque.	C4	H7, H14	A1, A4, A13
	Escolta.	C14	-	A4, A13
	Adaptação ao voo.	-	-	A2, A20
	Conhecimento teórico.	C1, C2	-	A2
	<i>Briefing</i> com a tripulação.	-	-	A5
	Interesse na instrução.	-	-	A14, A18
	Iniciativa.	-	-	A15
	Preparo de missão.	-	-	A2, A3, A4, A18

Fonte: O Autor.

4.3.1 Conhecimentos

Com base na observação das Tabelas 4 e 5, pode-se verificar que todos os conhecimentos elencados por especialistas como necessários ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre são de alguma forma trabalhados durante o CEOAR. Quanto a conhecimentos relativos ao domínio das capacidades e limitações da aeronave e do armamento (C1 e C2),

apesar de serem específicos para cada helicóptero, considera-se que são desenvolvidos os métodos para tal estudo e sua compreensão, além de valorizado o seu entendimento, de modo a facilitar a execução desses preceitos em futuras aeronaves. Logo, foi possível verificar que o Currículo e a Ordem de Instrução do CEOAR atendem a 100% dos conhecimentos necessários ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2.

Tabela 5 – Correlação de conhecimentos.

	Conhecimentos necessários ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
É desenvolvido no CEOAR?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	-
	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	-

Fonte: O Autor.

Tabela 6 – Correlação de habilidades.

	Habilidades necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre								
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9
É desenvolvida no CEOAR?	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	-
	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	-

Fonte: O Autor.

4.3.2 Habilidades

Com a análise das Tabelas 4 e 6, pode-se verificar que o CEOAR desenvolve 14 das 17 habilidades julgadas por especialistas como necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2. Ou seja, o CEOAR atende 82% das habilidades requeridas ao desempenho da tarefa em pauta.

Em relação às habilidades não diretamente relacionadas, cabem as seguintes ressalvas:

H2 – Operar o sistema PMA como uma forma de desconflito nas missões em pacotes. Os estagiários do CEOAR já têm instrução (teórica e prática) sobre a utilização do Sistema de Planejamento de Missões Aéreas (PMA) com respeito à criação de rotas de navegação. Assim, para o desenvolvimento da habilidade H2, sugere-se que tal pauta seja incluída em momento oportuno do curso. Considerando que a Instrução de Emprego de Helicóptero em Combate já trata das missões em pacote, há de ser também um bom momento para apresentar esta importante ferramenta do *software* PMA.

H3 – Planejar missões no *Armspod* (Sistema de Planejamento de Missões do AH-2). Sabendo que, na FAB, o *Armspod* é um sistema exclusivo para o planejamento de missões no AH-2, não há necessidade de trabalhar tal habilidade no CEOAR. Não há prejuízo em desenvolvê-la quando os pilotos chegarem ao 2º/8º GAV.

H12 – Voar em ala e coordenar o emprego armado simultaneamente. Os estagiários realizam uma simulação de emprego armado durante os voos de formatura tática. Assim, surgem duas possibilidades para o desenvolvimento dessa habilidade: tornar tal simulação mais próxima do real, com todos os procedimentos necessários para preparação do sistema de armamento e utilização das técnicas de emprego, ou incluir na campanha de tiro terrestre um ou mais treinamentos de emprego real em voo de ala.

4.3.3 Atitudes

Com respeito às atitudes, pode-se verificar que o CEOAR atende a 19 das 20 elencadas por especialistas como necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre, valor que representa 95% do total.

Cabe salientar que, decerto, a única atitude não diretamente relacionada (A10 - possuir a coragem para cumprir a missão) é indiretamente desenvolvida, tanto pela atividade aérea quanto pela própria profissão militar.

Tabela 7 – Correlação de atitudes.

		Atitudes necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre									
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
É desenvolvida no CEOAR?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
		A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20
	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: O Autor.

4.4 Síntese da análise de dados

À luz dos conceitos defendidos por Perrenoud (1999), segundo o qual competência é a capacidade de agir eficazmente em determinada situação e que vai além do simples conhecimento, e por Rabaglio (2001), ao ponto que divide competência em três dimensões: conhecimentos, habilidades e atitudes (CHA), este artigo elencou as competências necessárias ao piloto para o cumprimento da Ação de Ataque com o AH-2 Sabre, levantadas por meio de opiniões de especialistas e com a aplicação do Método Delphi, e as competências desenvolvidas no CEOAR, extraídas por pesquisa documental.

Dada a comparação desses dados, ao verificar que o CEOAR atende a 100% dos conhecimentos, 82% das habilidades e 95% das atitudes apontadas pelos especialistas, foi obtida a resposta ao problema de pesquisa e atingido o objetivo geral da pesquisa.

Vale destacar que, devido ao vasto conteúdo trabalhado no CEOAR, para que seja possível englobar as necessidades de todos os Esquadrões de Asas Rotativas da FAB, muitos dos conhecimentos, das habilidades e das atitudes tratadas nesta pesquisa são trabalhados de forma parcial e incipiente, apesar de suficientes para cumprir o objetivo proposto pelo curso e passar uma boa noção ao estagiário das capacidades dos helicópteros e das Ações de Força Aérea desenvolvidas nas Unidades Aéreas para as quais poderão ser movimentados, além de certamente facilitarem o aperfeiçoamento futuro.

Entretanto, conforme destaca Sacristán (2000), é importante a constante análise do conteúdo curricular do curso de modo a garantir que este se mantenha eficaz para o desenvolvimento das competências necessárias aos pilotos de helicóptero da FAB, principalmente, se considerada a contínua evolução tecnológica, que exige a permanente atualização de técnicas e táticas de emprego da Força.

5 CONCLUSÃO

Este artigo foi realizado com o objetivo de responder em que medida o conteúdo curricular do Curso de Especialização Operacional na Aviação de Asas Rotativas (CEOAR) desenvolve as competências necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre? Para responder a essa indagação e, conseqüentemente,

atender ao objetivo geral do artigo, foram propostas duas questões norteadoras e dois objetivos específicos.

Em busca de definições que embasassem os conceitos que seriam trabalhados, foi estabelecido um referencial teórico, alinhado às ideias centrais do trabalho e elucidativo quanto à identificação de competências, à construção e à análise curricular.

Foi então definida a metodologia a ser aplicada para a obtenção das respostas das questões e dos objetivos propostos: pesquisa de levantamento, com utilização do Método Delphi ou Método de Especialistas; e pesquisa documental, a partir da qual foram analisados o currículo e a Ordem de Instrução do CEOAR.

Para responder à primeira Questão Norteadora (QN1) e atingir o primeiro Objetivo Específico (OE1), foram levantadas, junto a especialistas, quais competências são necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre. Esse processo ocorreu com a aplicação do Método Delphi, com base na opinião de 10 especialistas. Após duas rodadas de questionários, foi obtida uma relação com 15 conhecimentos, 17 habilidades e 20 atitudes julgadas essenciais para a realização da tarefa em pauta.

Com vistas a responder à segunda Questão Norteadora (QN2) e alcançar o segundo Objetivo Específico (OE2), foram extraídas as competências desenvolvidas no CEOAR por análise da ICA 37-551 – Currículo Mínimo do Curso de Especialização Operacional na Aviação de Asas Rotativas e de sua Ordem de Instrução.

Na etapa seguinte, a comparação das competências elencadas por especialistas com aquelas desenvolvidas no

CEOAR permitiu que fosse alcançado o Objetivo Geral desta pesquisa e respondida a indagação que a motivou, ao concluir que o conteúdo curricular do CEOAR desenvolve 100% dos conhecimentos, 82% das habilidades e 95% das atitudes necessárias ao piloto para o cumprimento da Ação de Ataque com o AH-2 Sabre, ainda que superficialmente em alguns dos casos.

Dessa forma, ficou claro que o CEOAR é eficiente com respeito ao desenvolvimento das competências necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre.

Considerando as ideias defendidas por Sacristán (2000), conclui-se que a análise do conteúdo curricular do CEOAR, fundamental para a FAB por promover a constante melhoria do currículo como instrumento flexível e dinâmico e que o mantém capaz de permanecer bem estruturado assim, possibilitando a formação de pilotos de helicóptero bem preparados para o desempenho de suas atribuições.

Esta pesquisa não se esgota em si, visto que permite um ponto de partida para futuras indagações.

Tendo em vista a complexidade de assuntos abordados no CEOAR, sugere-se que a eficiência de seus conteúdos curriculares seja checada para o cumprimento de outras importantes Ações de Força Aérea e(ou) para o atendimento aos Esquadrões de Asas Rotativas que receberão os estagiários formados. Desse modo, haverá constante colaboração para o aprimoramento das competências desenvolvidas no curso e o conseqüente incremento em sua eficácia, corroborando assim para a formação de pilotos cada vez mais bem preparados para o cumprimento das missões de interesse da FAB.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 1266. Aprova a reedição do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PCA 11-47). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, 2010.

_____. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 278/GC3, de 21 de junho de 2012. Aprova a reedição Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA 1-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, 2012.

_____. Comando da Aeronáutica. Primeira Força Aérea. Currículo Mínimo do Curso de Especialização Operacional da Aviação de Asas Rotativas (CEO-AR) (ICA 37-551). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Parnamirim, RN, 2016.

_____. Comando da Aeronáutica. Primeira Força Aérea. Plano de Avaliação do Curso de Especialização Operacional do 1º/11º GAV (ICA 37-133). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Parnamirim, RN, 2016.

_____. Comando da Aeronáutica. ALA 10. 1º/11º Grupo de Aviação. **Ordem de Instrução do Curso de Especialização Operacional da Aviação de Asas Rotativas**. Parnamirim, RN, 2015.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. São Paulo: Editora Saraiva, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

PERRENOUD, P. **Construindo as competências desde a escola**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

RABAGLIO, M. O. **Seleção por Competências**. 2. ed. São Paulo: Educador, 2001.

SACRISTÁN, J. G. **O Currículo: uma reflexão sobre a prática**. Tradução Ernani F. da F. Rosa, v. 3, 2000.

SANTOS, A. C. O uso do método Delphi na criação de um modelo de competências. **Revista de Administração**, v. 36, n. 2, p. 25-32, 2001.

The required skills for the pilot to perform the Attack Action with the AH-2 Sabre: a curricular analysis

Las competencias necesarias al piloto para el cumplimiento de la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre: un análisis curricular

As competências necessárias ao piloto para o cumprimento da Ação de Ataque com o AH-2 Sabre: uma análise curricular

José Adriano Hespagnol¹

ABSTRACT

The objective of this research is to verify to what extent the curricular content of the Operational Specialization Course in Rotary Wing Aviation (CEOAR), taught by the First Squadron of the Eleventh Aviation Group (1st/11th GAV), responsible for helicopter pilot training of the Brazilian Air Force (FAB), develops the necessary skills for the pilot who will perform the Attack Action with the AH-2 Sabre. From a theoretical framework, methods that enabled the collection of the desired data have been applied. Thus, the necessary competences for the pilot who will perform the Attack Action with AH-2 have been determined by a survey with the application of the Delphi Method (expert opinion) in two rounds that resulted in 15 knowledge, 17 skills and 20 attitudes. The competences developed in the CEOAR, in turn, were extracted by documentary research of the Minimum Curriculum and its Order of Instruction. The correlation of these lists revealed that the current curriculum of the CEOAR is efficient for the proposal to develop, although superficially in some cases, 100% of the knowledge, 82% of the skills and 95% of the desired attitudes, as presented in the analysis of the data.

Keywords: Competences. Curriculum. AH-2 Sabre. Rotary wing aviation.

RESUMEN

El propósito de esta investigación es verificar en qué medida el contenido curricular del Curso de Especialización Operacional en la Aviación de Alas Rotativas (CEOAR), impartido por el Primer Escuadrón del Undécimo Grupo de Aviación (1er/11º GAV), responsable de la formación de pilotos de helicóptero de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB), desarrolla las competencias necesarias al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre. A partir de un marco teórico, se aplicaron métodos que posibilitaron la recolección de los datos deseados. Así, las competencias necesarias para el piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 fueron obtenidas por investigación de levantamiento, con la aplicación del Método Delphi (opinión de especialistas) en dos rondas que resultaron en 15 conocimientos, 17 habilidades y 20 actitudes. Las competencias desarrolladas en el CEOAR, a su vez, fueron extraídas por investigación documental del Currículo Mínimo y de su Orden de Instrucción. De la correlación de esas listas se verificó que el currículo actual del CEOAR es eficiente para la propuesta en pauta por desarrollar, aunque superficialmente en algunos casos, el 100% de los conocimientos, el 82% de las habilidades y el 95% de las actitudes deseadas, como presentado en el análisis de datos.

Palabras clave: Habilidades. Currículo. AH-2 Sabre. Aviación de alas rotativas.

I. First Squadron of the Eleventh Aviation Group (1st/11thGAV) – Natal/RN – Brazil. Major Aviator of the Brazilian Air Force (FAB). E-mail: jahespanhol@yahoo.com.br

Received: 02/16/18

Accepted: 09/02/18

The acronyms and abbreviations contained in this article correspond to the ones used in the original article in Portuguese.

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é verificar em que medida o conteúdo curricular do Curso de Especialização Operacional na Aviação de Asas Rotativas (CEOAR), ministrado pelo Primeiro Esquadrão do Décimo Primeiro Grupo de Aviação (1º/11º GAV), responsável pela formação dos pilotos de helicóptero da Força Aérea Brasileira (FAB), desenvolve as competências necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre. A partir de um referencial teórico, aplicaram-se métodos que possibilitaram a coleta dos dados desejados. Assim, as competências necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 foram obtidas por pesquisa de levantamento, com a aplicação do Método Delphi (opinião de especialistas) em duas rodadas que resultaram em 15 conhecimentos, 17 habilidades e 20 atitudes. As competências desenvolvidas no CEOAR, por sua vez, foram extraídas por pesquisa documental do Currículo Mínimo e da sua Ordem de Instrução. Da correlação dessas listas verificou-se que o currículo atual do CEOAR é eficiente para a proposta em pauta por desenvolver, ainda que superficialmente em alguns casos, 100% dos conhecimentos, 82% das habilidades e 95% das atitudes desejadas, conforme apresentado na análise dos dados.

Palavras-chave: *Competências. Currículo. AH-2. Sabre. Aviação de asas rotativas.*

1 INTRODUCTION

In order to be able to contribute to the defense of the homeland, guarantee the constitutional powers, law and order, the Brazilian Air Force (FAB) has as its permanent and prevailing objective the preparation of its means to carry out airborne operations, prioritizing the maintenance of the appropriate level of training of their equipment.

In the event of a conflict, it should still be able to use its means of combat under its command, in single operations and in joint and combined operations (with other national and/or foreign armed forces) (BRAZIL, 2010).

In this context, one of the means referred to in the previous paragraph is the Rotary Wing Aviation. The training of FAB helicopter pilots begins when, at the end of the Aviator Officers Training Course, in the Air Force Academy, the Aviator Officer Aspirants are assigned to perform the Operational Specialization Course in

Rotary Wing Aviation (CEOAR), taught by the First Squadron of the Eleventh Aviation Group (1st/11th GAV). Such aviators are called trainees during the course and they will also be referred this way in this article.

One of the main features of the helicopter is the versatility, which makes it capable of accomplishing several types of mission, from rescues and aeromedical evacuations to airborne combat and ground attacks. To exploit such capabilities, FAB has six squadrons that operate rotary wing aircraft and have specific missions. At this point, the complexity of the 1st/11th GAV mission is demonstrated, which includes providing the trainees with the knowledge and training for operational use in Air Force Actions performed by Rotary Wing Aviation, through theoretical and practical instructions (BRAZIL, 2016a). In analogy with Fixed-Wing Aviation, it is as if a single course was responsible for specializing fighter, transportation, patrol and reconnaissance pilots, since the 1st/11th GAV should develop the necessary skills, for both the pilots who will act in the Search and Rescue Action and those who will perform Attack Action.

By having to embrace such a range of Air Force Actions, the CEOAR becomes a complex course with varying phases that aim to encompass the specificities of all FAB Rotary Wing squadrons so that trainees develop a general knowledge of the helicopter capabilities as well as skills they will use to assist the mission of the squadron to which they will be moved. The phase of weaponry use, including both front-end and pilot-operated weapons, for example, is indispensable for pilots who will be assigned to the Second Squadron of the Eighth Aviation Group (2nd/8th GAV), but this knowledge will not be used by pilots assigned to the other rotary wing squadrons. Likewise, trainees perform a Theoretical Course of Search and Rescue (CTBS), necessary for pilots who will fly in the Second Squadron of the Tenth Aviation Group (2nd/10th GAV), whose knowledge will not be used by those who are moved to the 2nd/8th GAV.

The CEOAR is defined in its Assessment Plan as

A set of teaching activities whose purpose is to provide learning experiences that **enable the trainee to discriminate and apply principles, concepts, norms and procedures** necessary for the use of helicopters in specific Air Force Actions established by COMGAR. (BRAZIL, 2016b, p.12, author's emphasis).

In addition to the trainee's specialization as a helicopter pilot, the CEOAR seeks to encourage the development of military, intellectual and professional attributes, as well as the ethical and moral standards desirable to an Air Force officer. It promotes patriotism, training for command and leadership, knowledge on the use of air power and the formation of a critical vision for the suggestion of suitable solutions for the development of the Rotary Wing Aviation.

In this context, in order to investigate to what extent the curriculum developed in the CEOAR is able to develop the competences required for the FAB helicopter pilots, considering knowledge (know-how), skills (expertise) and attitudes (want to do) worked throughout the course, this research was limited to the verification of the development of the necessary competences in the accomplishment of the Attack Action with rotary wing aircrafts, considering its importance and its specificity, since it is assigned to only two of the helicopter squadrons of the FAB: The Fifth Squadron of the Eighth Aviation Group (5th/8th GAV) and the Second Squadron of the Eighth Aviation Group (2nd/8th GAV).

This work was limited to the accomplishment of attack missions with AH-2 Sabre, FAB's attack helicopter, taking into account the differences of the piloting in this aircraft, in comparison with the other types of helicopters. This delimitation considered the experience of the author, who formed the Crew Board of the 2nd/8th GAV for nine years and today is an instructor of the CEOAR.

Considering that a learning curriculum must be elaborated based on the competences that are intended to be developed (SACRISTÁN, 2000), the following question arises: to what extent does the curriculum content of the CEOAR develop the necessary competences for the pilot who will perform the Attack Action with AH-2 Sabre?

In order to obtain the desired answers, the following Guiding Questions (GQ) have been set forth:

GQ1: What competences are needed by the pilot to perform the Attack Action with the AH-2 Sabre?

GQ2: What competences are developed in the CEOAR?

In order to propose solutions to these questions, this research work has the general objective of identifying the extent to which the CEOAR curriculum develops the necessary competences for the pilot who will perform the AH-2 Sabre Attack Action. In order to achieve this objective, the following Specific Objectives (SO) have been set forth as well:

SO1: check along with experts, what competences are necessary for the pilot who will perform the Attack Action with the AH-2 Sabre.

SO2: identify which competences are developed in the CEOAR, based on the study of the Minimum Curriculum and its Order of Instruction.

The research on the subject matter of this article addresses the Education in the Air Force as research line, since it aims to verify if the current curriculum of the CEOAR is in accordance with the mission assigned to the 1st/11th GAV, regarding the preparation of the pilot of helicopters who will be assigned to the 2nd/8th GAV and will perform the Attack Action with the AH-2 Sabre.

More than a budget issue or an efficiency test, its importance relies on the understanding that the adequate development of knowledge, skills and attitudes during the training period is essential to enable the continuity in the development of competences in the Operational Squad to which the trainee will be assigned.

2 THEORETICAL FRAMEWORK

According to Perrenoud (1999: 7), competence is defined as "... ability to act effectively in a given type of situation, supported by knowledge, but not limited by it."

Competence is combined with the ability to innovate, to go beyond what is predicted, to seek partially original solutions, according to the singularity of the present situation, is extrapolated to the simple memory of past experiences (PERRENOUD, 1999, 31).

Santos (2001) establishes a correlation between the management of competences and the training that a professional must possess to perform satisfactorily a certain position. It also emphasizes the holistic meaning of these competences, including not only the knowledge and skills required to perform a given activity, but also attitudes linked to the good performance in the referred activity.

In line with this thinking, Rabaglio (2001) states that competence is based on three dimensions: knowledge, skills and attitudes (KSA). The combination of these three initials defines KSA, which is a set that encompasses not only the technical questions (knowledge - know-how), but also the capacity to use knowledge (skills - expertise) and behavior toward tasks (attitudes - want to do), as follows.

K (knowledge - know-how): to know technical manuals related to aviation, to know important tactics and techniques for the accomplishment of a certain type of flight, to know standards relevant for the development of piloting and (or) to accomplish a certain mission, etc.;

S (skill - expertise): ability to use knowledge in practice (practice the know-how) - know how to plan a particular type of mission, how to use specific tactics and techniques, how to operate the aircraft in certain conditions, etc.; and

A (attitude - want to do): behavior that leads us to apply knowledge and skills in the execution of a certain task - to seek improvement in a certain tactic or technique of flight, to apply correctly the knowledge present in the flight manuals, etc.

The concept of curriculum becomes equally important for the development of this work. Sacristán (2000, p.16) defines curriculum as "The context of practice, at the same time as it is contextualized by it" and argues that it is not limited to a relation of intellectual contents to be learned, but intends to reflect the educational and cultural socializing scheme of the school institution. Corroborates the idea that it goes beyond the simple transmission of knowledge but develops skills and attitudes appropriate to an end-goal. According to the author, the curriculum establishes the teaching strategies that will be used to achieve the proposed educational goal. It also emphasizes the importance of curricular analysis, including its contents and forms, as basic for understanding the mission of the institution.

Sacristán (2000) argues for the importance of constant analysis of didactic contents for the improvement of school curricula. These should work as flexible and dynamic instruments, so that they remain effective according to the proposed objective. Thus, a well-structured curriculum that develops the competences considered necessary for the correct performance of an activity will be more efficient in the training of a well-prepared professional for the accomplishment of its attributions.

In the case of the CEOAR, ICA 37-551 - Minimum Curriculum of the Operational Specialization Course on Rotary Wing Aviation - is the FAB document that establishes the minimum program content to be developed, setting the contents to be taught in the various phases of the Course. It encompasses the ground and air instruction (BRAZIL, 2016a).

Regarding to air instruction, the objectives, exercises, levels to be achieved, mission development, the SIPAER Risk Management Method (MSGR), as well as the mission-specific special and safety recommendations are set out in the Instruction Orders (BRAZIL, 2015).

It is also important to consider the following definition of Attack Action, according to the Basic Doctrine of the FAB - DCA 1-1.

It is the Action that consists of using Air Force Means to neutralize or destroy enemy targets, previously located and identified. (BRAZIL, 2012, page 51).

It is also noted the difference between Air Force Action and Air Force Mission, conceptualized in the same document:

Air Force Action: Act to employ, at the tactical level, Air Force Means to cause one or more desired effects in a campaign or military operation. It involves lethal and non-lethal Aerospace Power employment actions as well as specialized actions designed to support and complement the Air Force's operational capability. (BRAZIL, 2012, p.9)

Air Force Mission: Air Force action assigned to an aircraft commander, aircraft formation leader, commander of ground unit or commander of troop fraction, for the purpose of achieving tactical objectives. (BRAZIL, 2012, p.10)

Thus, the investigation was conducted based on the theoretical framework exposed, the analysis of the documents that govern the CEOAR and its correlation with the competences (knowledge, skills and attitudes) required by the pilot who will perform the Attack Action with AH-2 Sabre. Thus, it is intended to address to the proposed research problem by identifying, in percentage terms, to what extent the competences required to carry out the task in question are developed in the CEOAR and, consequently, whether the current curriculum is adequate or needs any adjustment.

3 METHODOLOGY

According to the definitions of Gil (2010) and considering the general objective of this scientific work, the research is classified as descriptive, since it aims to identify the necessary competences for the pilot who will perform the Attack Action with the AH-2 Sabre and those developed in the CEOAR.

Based on the technical procedures used, according to Gil (2010), it is classified as survey research, for identifying the necessary skills for the pilot who will perform the Attack Action with the AH-2 Sabre through the application of questionnaires, answered by a group of experts (SO1) and as documentary research, for identifying the competences developed in the CEOAR through the analysis of documents that govern the functioning of the course (SO2).

In order to achieve SO1, the experts' method, called Delphi by rounds, as suggested by Santos (2001), was adopted in this article. This method defines a group of experts who will answer questionnaires, individually and without contact with the opinions of the others, in order to determine the competences required for the pilot who will accomplish the AH-2 Sabre Attack Action, based on KSA (knowledge, skills and attitudes). Among the methods registered in the scientific literature for the determination of competences, the Delphi Method was selected, given the simplicity of its application and to guarantee impartiality in the opinion of each of the experts.

The AH-2 Sabre instructors, FAB's attack helicopter, were considered experts, given the experience of these pilots in the training of attack missions with this aircraft and their participation in the development and improvement of the skills required for the pilots newcomers to the 2nd/8th GAV.

From this universe of instructors, the sample of this research was confined to the eleven instructors belonging to the 2nd/8th GAV personnel, considering that they are the most updated regarding the concerned competences. Thus, questionnaires were sent to these pilots, obtaining a response rate of 90.9%; therefore, a total of ten different opinions.

In order to check the minimum size for the reliability of the sample and the sample error for the present survey, the definition of Crespo (2002) was considered, according to the result of Equation 1.

$$n = \frac{N \times 1/E^2}{N + 1/E^2} \quad (1)$$

Considering **E** as the tolerable sample error (10%), **N** as the research universe (11) and **n** as the minimum sample size, we have:

$$n = \frac{11 \times 1/(0,1)^2}{11 + 1/(0,1)^2} \approx 9,9$$

Therefore, since the achieved sample was greater than 9 (approximately 10 responses), for a 95% confidence level and 10% error margin, it is considered valid and reliable (GIL, 2010).

In order to verify the clarity of the questions and to assure the reliability of the data collected, the initial questionnaire was submitted to a pre-test.

According to Lakatos and Marconi (2003), a pre-test measuring 5 to 10% of the value of the sample is enough to verify to what extent the tool for data collection is able to guarantee error-free results. In this stage, it was previously answered by two AH-2 Sabre instructors, with experience in the accomplishment of Attack Action with this aircraft, but not belonging to the current 2nd/8th GAV. In this way, it was possible to check its readability and correct possible inconsistencies.

Online questionnaires, created on the Survey Monkey platform, were used for collecting data and sent by link and email to the selected experts. Such an option allowed access for the respondents (allowing filling out even by the cell phone), thus providing a faster response than traditional methods.

In a first round, each of the experts answered open-ended questions, which listed the knowledge, skills and attitudes deemed essential for the pilot who will perform the Attack Action with the AH-2 Sabre without knowing the answers of the others. Subsequently, repetitions and similarities were eliminated, resulting in three reduced lists that formed three competence matrices, by type (KSA).

In the second round, each expert received the competence matrices defined in the first round, consisting of 16 knowledge, 19 skills and 31 attitudes, and answered whether or not to agree with each of the listed KSAs. With the answers of all experts, the validation of each competence was obtained from a Coefficient of agreement, as represented in Equation 2 (SANTOS, 2001).

$$Cc = (1 - Vn/Vt) \times 100 \quad (2)$$

Where,

Cc = Coefficient of Agreement expressed as a percentage.

Vn = Number of experts in disagreement with the predominant criteria.

Vt = Total number of experts.

Santos (2001) considers acceptable as a consensus among the experts Coefficients of Agreement greater or equal to 60% ($Cc \geq 60\%$). Thus, skills with Cc less than 60% were excluded due to the low level of agreement or little consensus. After this processing, there were 15 knowledge, 17 skills and 20 attitudes (detailed

in the topic Application of the Delphi Method). The combination of these three dimensions, according to the theoretical framework observed in this survey, allowed to verify the necessary competences of the pilot who will perform the AH-2 Sabre Attack Action, answering to the first Guiding Question (GQ1) and, consequently, first Specific Objective (SO1).

In order to answer to the second Guiding Question (GQ2) and thus to reach the second Specific Objective (SO2), the competences developed in the CEOAR were identified based on the documental analysis of the Minimum Curriculum and Instruction Orders of the CEOAR, since these are documents that govern the course, as described in the theoretical framework.

Finally, based on the theoretical framework of this article and with the purpose of reaching the general objective, the competences identified in the documental survey of the CEOAR were compared with those defined in the survey of the opinions of the group of experts defined in this study.

From the analysis of the data, the answer for the research problem was found and the general proposed objective was elucidated.

4 DATA ANALYSIS

In the following topics, the data obtained in the application of the methodology are analyzed, in order to achieve the objectives and the answers to the questions proposed in this article.

4.1 Application of the Delphi Method

After the first round of questionnaires, according to the application of the Delphi Method (SANTOS, 2001), all the skills enumerated by the experts were listed, eliminating the repetitions and similarities. The result was three relations divided into 16 Knowledge, 19 Skills and 31 Attitudes (KSA). Thus, the Competence Matrices Defined by the Experts were built.

In the second round, each of the experts marked whether they agreed or not with the KSAs obtained in the first round. Thus, by applying the Coefficient of Agreement defined by Santos (2001), the items with agreement less than 60% were eliminated. In this way, the Matrices of Verified Competences with Agreement Level were built, according to Tables 1, 2 and 3.

Table 1 – Matrix of Verified Knowledge with Agreement Level.

	Knowledge
C1	Know and respect the limits and capabilities of the aircraft.
C2	Know the safety procedures of the aircraft and weaponry.
C3	Know the procedures of Crew Resources Management (CRM).
C4	Know the Attack Mission (doctrine and influence factors).
C5	Know the relevant legislation, standard phraseology and code words (Federal Constitution and Aerospace Defense System Operational Standards (NOSDA)).
C6	Know the methods used in tactical formations.
C7	Know the several forms of tactical navigation (Low-Altitude Navigation (LAN), Navigation Between Obstacles (NBO), etc.).
C8	Know the flight techniques with Night Vision Goggles.
C9	Know techniques of use of air-to-ground weaponry.
C10	Know techniques of use of air-to-air weaponry.
C11	Know the combat maneuvers.
C12	Know the operation environment and threats (scenario, enemy capabilities, etc.).
C13	Know objective details.
C14	Know the escort procedures.
C15	Know the doctrine of use in package.

Source: The Author.

Table 2 – Matrix of Verified Skills with Agreement Level.

	Skills
H1	Plan missions in the Air Missions Planning System (PMA).
H2	Operate the PMA system as a form of deconflict in package missions.
H3	Plan missions on the Armspod (AH-2 Mission Planning System).
H4	Reason with time, sun, moon and meteorology.
H5	Operate the aircraft on day and night basic flight.
H6	Manage the several aircraft systems.
H7	Operate the helicopter on the attack mission.
H8	Operate the aircraft in a formation flying.
H9	Operate the aircraft at low altitude (LAN), using concealment techniques in the field.
H10	Operate the aircraft's weaponry system.
H11	Be proficient in all forms of use of the vector under operation.
H12	Fly in wing and coordinate armed use simultaneously.
H13	Know how to coordinate an adverse situation.
H14	Combat ground and air threats.
H15	Support the wingman.
H16	Maneuver the aircraft at the boundary of its operational envelope, gaining advantage over the enemy.
H17	Fly with Night Vision Goggles.

Source: The Author.

Table 3 – Matrix of Verified Attitudes with Agreement Level

	Attitudes
A1	Identify with the attack mission.
A2	Have dedication in the preparation of the mission.
A3	Quantify and qualify the mission risks.
A4	Control the execution of in-flight planning.
A5	Work in team with all the equipment.
A6	Be aware of threats.
A7	Be able to interpret an adverse situation, taking advantage of the enemy's weakness.
A8	Have creativity for the development of techniques and tactics.
A9	Seek excellence in the use of airborne weaponry.
A10	Have the courage to accomplish the mission.
A11	Interest in the constant study of the enemy.
A12	Collaborate with the improvement of the group.
A13	Be willing to perform exhaustive trainings.
A14	Have concentration for the flight.
A15	Have initiative.
A16	Have a high emotional stability.
A17	Be aware of own limitations/restrictions.
A18	Give the utmost.
A19	Have serenity for making (perhaps hard) decisions.
A20	Have high adaptability capacity.

Source: The Author.

Based on Rabaglio's (2001) concepts of competence formation, it is concluded that the sum of knowledge, skills and attitudes, listed in Tables 1, 2 and 3, summarizes the competences needed by the pilot who will perform the Attack Action with the AH-2 Sabre. Thus, the first Guiding Question (GQ1) is answered and the first Specific Objective (SO1) of this article is achieved.

4.2 Documental analysis

Following processes and the principles defended by Sacristán (2000), according to which the curriculum embraces the content necessary to develop the knowledge, skills and attitudes appropriate to the final objective of an institution,

a documental research of the Minimum Curriculum and Order of Instruction of the CEOAR was carried out in order to identify the competences developed in the Course. These competences enable us to achieve the second Specific Objective (SO2), as well as to answer the second Guiding Question (GQ2) of this work.

4.3 Comparison of results

With the competences required for the pilot who will accomplish with the AH-2 Sabre Attack Action (Delphi Method) and the competences developed in the CEOAR (documental research), a relationship between them could be found, according to Table 4.

Table 4 – Identification of coinciding competences.

(to be continued)

	CODE - NOMENCLATURE	KNOWLEDGE	SKILLS	ATTITUDES
CEOAR MINIMUM CURRICULUM	H-50 Technical Instruction.	C1, C2	H6	-
	Daytime adaptation phase class.	-	H5	-
	Preparation of the daytime adaptation phase.	-	H5	-
	Crew Resources Management (CRM).	C3	H13	A5, A6, A12, A15, A16, A19
	Nighttime adaptation phase class.	-	H5	-
	Preparation of the nighttime adaptation phase.	-	H5	-
	Tactical graduation phase class.	C6	H15	-
	Preparation of the tactical graduation phase.	C6	H15	-
	Navigation phase class.	C7	-	-
	Preparation of the low altitude navigation (LAN) phase.	C7	-	-
	Navigation between obstacles (NBO) phase class.	C7	H9	-
	Preparation of the navigation between obstacles (NBO) phase.	C7	H9	-
	Geometry of Use.	C9, C10	-	A9
	Attack phase class.	C4, C5	H4, H14	A1, A3
	Preparation of the attack phase.	C4, C5	H4, H14	-
	Escort phase class.	C14	-	-
	Preparation of the escort phase.	C14	-	-
	Helibrás axial weaponry system.	C2	H10	-
	Preparation of the ground shooting phase.	C2, C9	H10, H11, H14	A9
	Preparation of the rocket launch phase.	C2, C9	H10, H11, H14	A9
Instruction of Helicopter Use in Combat.	C5, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C15	H11, H14, H16, H17	A6, A7, A8, A9, A11	
Physiological Stage and NVG Instruction.	C8	H17	A17	
Instructions for Use of the PMA II.	-	H1	-	
Visual Perception of Objectives (VPO).	C12, C13	-	A11	

				(conclusion)
ORDER OF INSTRUCTION	Daytime adaptation.	-	H5	-
	Night adaptation.	-	H5	-
	Tactical graduation.	-	H8, H15	-
	Low-Altitude Navigation (LAN).	C7	-	A4
	Navigation Between Obstacles (NBO).	C7	H9	A4
	Shallow ground shot.	C2, C9	H10, H11, H14	A9
	Hovering ground shot.	C2, C9	H10, H11, H14	A9
	Rocket launch.	C2, C9	H10, H11, H14	A9
	Attack.	C4	H7, H14	A1, A4, A13
	Escort.	C14	-	A4, A13
	Adaptation on flight.	-	-	A2, A20
	Theoretical knowledge.	C1, C2	-	A2
	<i>Briefing with the crew.</i>	-	-	A5
	Interest in instruction.	-	-	A14, A18
	Initiative.	-	-	A15
	Mission preparation.	-	-	A2, A3, A4, A18

Source: The Author.

4.3.1 Knowledge

Based on the observation of Tables 4 and 5, it can be verified that all the knowledge listed by the experts as needed by the pilot who will perform the Attack Action with the AH-2 Sabre is somehow worked out during the CEOAR. Regarding knowledge related to the mastery of the aircraft and weaponry capabilities and limitations (C1

and C2), although specific to each helicopter, it is considered that the methods for such a study and its understanding are developed, as well as appreciating its understanding, in order to facilitate the execution of these precepts in future aircrafts. Therefore, it was possible to verify that the Curriculum and Order of Instruction of the CEOAR meet 100% of the knowledge necessary for the pilot who will perform the Attack Action with the AH-2.

Table 5 – Knowledge Correlation.

Necessary knowledge of the pilot who will perform the Attack Action with the AH-2 Sabre								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Is it developed in the CEOAR?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	-
	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	-

Source: The Author.

Table 6 – Skills Correlation.

Skills required for the pilot who will perform the Attack Action with the AH-2 Sabre									
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9
Is it developed in the CEOAR?	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	-
	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	-

Source: The Author.

4.3.2 Skills

With the analysis of Tables 4 and 6, it can be verified that the CEOAR develops 14 of the 17 skills judged by experts as necessary for the pilot who will perform the Attack Action with AH-2. In other words, the CEOAR meets 82% of the skills required to perform the concerned task.

Regarding the abilities not directly related, the following exceptions are allowed:

H2 - Operate the PMA system as a form of deconflict in package missions. The CEOAR trainees have already been instructed (in theory and practice) on the use of the Air Missions Planning System (PMA) regarding the creation of navigation routes. Thus, for the development of the H2 ability, it is suggested that such a guideline must be included in the timing of the course. Considering that the Instruction of Use of Combat Helicopter already deals with packaged missions, it should also be a good time to present this important PMA software tool.

H3 - Plan missions on the Armspod (AH-2 Mission Planning System). Knowing that, at the FAB, Armspod is an exclusive AH-2 mission planning system, there is no need to work such skill in the CEOAR. There is no harm in developing it when the pilots enter the 2nd/8th GAV.

H12 - Fly in wing and coordinate armed use simultaneously. Trainees perform a simulation of armed use during tactical formation flights. Thus, two possibilities arise for the development of this ability: to make such a simulation closer to the real one, with all the necessary procedures for the preparation of the weaponry system and the techniques of usage, or to include in the ground shooting campaign one or more real usage wing flight trainings.

4.3.3 Attitudes

Regarding attitudes, it can be verified that the CEOAR meets 19 of the 20 listed by experts as necessary for the pilot who will perform the Attack Action with the AH-2 Sabre, a value that represents 95% of the total.

It should be noted that the only not directly related attitude (A10 - having the courage to carry out the mission) is undoubtedly developed, both by the airborne activity and by the military profession itself.

Table 7 – Attitudes Correlation.

		Attitudes required for the pilot who will perform the Attack Action with the AH-2 Sabre									
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Is it developed in the CEOAR?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
		A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20
	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Source: The Author.

4.4 Synthesis of data analysis

Under the concepts argued by Perrenoud (1999), according to which competence is the ability to act effectively in a given situation and goes beyond simple knowledge, and by Rabaglio (2001), to the point that divides competence into three dimensions: knowledge, abilities and attitudes (KSA), this article listed the skills needed for the pilot to perform the Attack Action with the AH-2 Sabre, raised through expert opinions and the application of the Delphi Method, and the competences developed in the CEOAR, extracted by documental research.

When comparing these data, verifying the CEOAR meets 100% of the knowledge, 82% of the skills and 95% of the attitudes pointed out by the experts, the answer was obtained to the research problem and met the general objective of the research.

It is worth mentioning that, due to the vast content worked in the CEOAR, in order to meet the needs of all FAB Rotary Wings Squadrons, many of the knowledge, skills and attitudes addressed in this research are worked in a partial and incipient way, despite sufficient to meet the objective proposed by the course and give a good idea to the trainee of the capabilities of the helicopters and the Air Force Actions developed in the Air Units to which they can be moved, besides certainly facilitating future improvement.

However, as Sacristán (2000) points out, it is important to constantly analyze the curricular content of the course in order to ensure that it remains effective for the development of the competences required for FAB helicopter pilots, especially considering the continuous technological evolution, which requires the permanent updating of use techniques and tactics of the Force.

5 CONCLUSION

This article was developed with the objective of answering to what extent the curricular content of the Operational Specialization Course in Rotary Wing Aviation (CEOAR) develops the necessary skills for the pilot who will perform the Attack Action with the AH-2 Sabre. To answer this question and, consequently, to meet the general

objective of the article, two guiding questions and two specific objectives were proposed.

In search of definitions that would support the concepts that would be worked on, a theoretical framework was established, aligned with the central ideas of the work and elucidative regarding the identification of competences, construction and curricular analysis.

Then a methodology was defined to be applied for answering the questions and meeting the proposed objectives: a survey, using the Delphi Method or Experts Method; and documental research, from which the curriculum and the Order of Instruction of the CEOAR were analyzed.

In order to answer to the first Guiding Question (GQ1) and to achieve the first Specific Objective (SO1), experts were asked which competences are necessary for the pilot who will perform the AH-2 Sabre Attack Action. This process occurred with the application of the Delphi Method, based on the opinion of 10 experts. After two rounds of questionnaires, a resulting set encompassing 15 knowledge, 17 skills and 20 attitudes considered essential for the concerning task was found.

In order to answer the second Guiding Question (GQ2) and meet the second Specific Objective (SO2), the competences developed in the CEOAR were extracted by the analysis of the ICA 37-551 - Minimum Curriculum of the Operational Specialization Course in Rotary Wing Aviation and its Order of Instruction.

In the next step, the comparison of the competences highlighted by experts with those developed in the

CEOAR allowed the General Objective of this research to be achieved and answered the question that motivated it, by concluding that the curricular content of the CEOAR develops 100% of the knowledge, 82% of the skills, and 95% of the attitudes that are required for a pilot to perform an AH-2 Sabre Attack Action, although superficially in some cases.

Thus, it remained clear that the CEOAR is efficient regarding the development of the necessary skills for the pilot who will perform the Attack Action with the AH-2 Sabre.

Considering the ideas defended by Sacristán (2000), it is concluded that the analysis of the curricular content of the CEOAR is fundamental to FAB for promoting the constant improvement of the curriculum as a flexible and dynamic instrument and keeping it able to remain well-structured in this way, training helicopter pilots to be well prepared for the performance of their duties.

This research does not end hereby, since it allows a starting point for future inquiries.

In view of the complexity of issues addressed in the CEOAR, it is suggested that the effectiveness of its curriculum content be checked for compliance with other important Air Force Actions and (or) for attendance to the Rotary Wing Squadrons that will receive graduated trainees. Thus, there will be constant collaboration for the improvement of the competences developed in the course and the consequent increase in its effectiveness, corroborating for the formation of pilots increasingly well prepared for the accomplishment of the missions of interest of the FAB.

REFERENCES

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 1266. Aprova a reedição do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PCA 11-47). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, 2010.

_____. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 278/GC3, de 21 de junho de 2012. Aprova a reedição Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA 1-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, 2012.

_____. Comando da Aeronáutica. Primeira Força Aérea. Currículo Mínimo do Curso de Especialização Operacional da Aviação de Asas Rotativas (CEO-AR) (ICA 37-551). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Parnamirim, RN, 2016.

_____. Comando da Aeronáutica. Primeira Força Aérea. Plano de Avaliação do Curso de Especialização Operacional do 1º/11º GAV (ICA 37-133). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Parnamirim, RN, 2016.

_____. Comando da Aeronáutica. ALA 10. 1º/11º Grupo de Aviação. **Ordem de Instrução do Curso de Especialização Operacional da Aviação de Asas Rotativas**. Parnamirim, RN, 2015.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. São Paulo: Editora Saraiva, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

PERRENOUD, P. **Construindo as competências desde a escola**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

RABAGLIO, M. O. **Seleção por Competências**. 2. ed. São Paulo: Educador, 2001.

SACRISTÁN, J. G. **O Currículo: uma reflexão sobre a prática**. Tradução Ernani F. da F. Rosa, v. 3, 2000.

SANTOS, A. C. O uso do método Delphi na criação de um modelo de competências. **Revista de Administração**, v. 36, n. 2, p. 25-32, 2001.

Las competencias necesarias al piloto para el cumplimiento de la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre: un análisis curricular

The required skills for the pilot to perform the Attack Action with the AH-2 Sabre: a curricular analysis

As competências necessárias ao piloto para o cumprimento da Ação de Ataque com o AH-2 Sabre: uma análise curricular

José Adriano Hespagnol¹

RESUMEN

El propósito de esta investigación es verificar en qué medida el contenido curricular del Curso de Especialización Operacional en la Aviación de Alas Rotativas (CEOAR), impartido por el Primer Escuadrón del Undécimo Grupo de Aviación (1er/11º GAV), responsable de la formación de pilotos de helicóptero de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB), desarrolla las competencias necesarias al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre. A partir de un marco teórico, se aplicaron métodos que posibilitaron la recolección de los datos deseados. Así, las competencias necesarias para el piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 fueron obtenidas por investigación de levantamiento, con la aplicación del Método Delphi (opinión de especialistas) en dos rondas que resultaron en 15 conocimientos, 17 habilidades y 20 actitudes. Las competencias desarrolladas en el CEOAR, a su vez, fueron extraídas por investigación documental del Currículo Mínimo y de su Orden de Instrucción. De la correlación de esas listas se verificó que el currículo actual del CEOAR es eficiente para la propuesta en pauta por desarrollar, aunque superficialmente en algunos casos, el 100% de los conocimientos, el 82% de las habilidades y el 95% de las actitudes deseadas, como presentado en el análisis de datos.

Palabras clave: Habilidades. Currículo. AH-2 Sabre. Aviación de alas rotativas.

ABSTRACT

The objective of this research is to verify to what extent the curricular content of the Operational Specialization Course in Rotary Wing Aviation (CEOAR), taught by the First Squadron of the Eleventh Aviation Group (1st/11th GAV), responsible for helicopter pilot training of the Brazilian Air Force (FAB), develops the necessary skills for the pilot who will perform the Attack Action with the AH-2 Sabre. From a theoretical framework, methods that enabled the collection of the desired data have been applied. Thus, the necessary competences for the pilot who will perform the Attack Action with AH-2 have been determined by a survey with the application of the Delphi Method (expert opinion) in two rounds that resulted in 15 knowledge, 17 skills and 20 attitudes. The competences developed in the CEOAR, in turn, were extracted by documentary research of the Minimum Curriculum and its Order of Instruction. The correlation of these lists revealed that the current curriculum of the CEOAR is efficient for the proposal to develop, although superficially in some cases, 100% of the knowledge, 82% of the skills and 95% of the desired attitudes, as presented in the analysis of the data.

Keywords: Competences. Curriculum. AH-2 Sabre. Rotary wing aviation.

I. Primer Escuadrón del Undécimo Grupo de Aviación (1er/11ºGAV) – Natal/RN – Brasil. Mayor Aviador de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB). Email: jahespanhol@yahoo.com.br

Recibido: 16/02/18

Aceptado: 02/09/18

Las siglas y abreviaturas contenidas en el artículo corresponden a las del texto original en lengua portuguesa.

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é verificar em que medida o conteúdo curricular do Curso de Especialização Operacional na Aviação de Asas Rotativas (CEOAR), ministrado pelo Primeiro Esquadrão do Décimo Primeiro Grupo de Aviação (1º/11º GAV), responsável pela formação dos pilotos de helicóptero da Força Aérea Brasileira (FAB), desenvolve as competências necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 Sabre. A partir de um referencial teórico, aplicaram-se métodos que possibilitaram a coleta dos dados desejados. Assim, as competências necessárias ao piloto que cumprirá a Ação de Ataque com o AH-2 foram obtidas por pesquisa de levantamento, com a aplicação do Método Delphi (opinião de especialistas) em duas rodadas que resultaram em 15 conhecimentos, 17 habilidades e 20 atitudes. As competências desenvolvidas no CEOAR, por sua vez, foram extraídas por pesquisa documental do Currículo Mínimo e da sua Ordem de Instrução. Da correlação dessas listas verificou-se que o currículo atual do CEOAR é eficiente para a proposta em pauta por desenvolver, ainda que superficialmente em alguns casos, 100% dos conhecimentos, 82% das habilidades e 95% das atitudes desejadas, conforme apresentado na análise dos dados.

Palavras-chave: *Competências. Currículo. AH-2. Sabre. Aviação de asas rotativas.*

1 INTRODUCCIÓN

Para que sea capaz de contribuir a la defensa de la Patria, garantizar los poderes constitucionales, la ley y el orden, la Fuerza Aérea Brasileña (FAB) tiene como objetivo permanente y prevalente la preparación de sus medios para la realización de operaciones aéreas, priorizando el mantenimiento del nivel adecuado de entrenamiento de sus equipamientos.

En caso de conflicto, deberá ser capaz, bajo su comando, emplear sus medios de combate, en operaciones singulares y en operaciones conjuntas y combinadas (con las demás Fuerzas Armadas nacionales y/o extranjeras) (BRASIL, 2010).

En este contexto, uno de los medios a que se refiere el párrafo anterior es la Aviación de Alas Rotativas. El entrenamiento de los pilotos de helicóptero de la FAB comienza cuando, al término del Curso de Formación de Oficiales Aviadores, de la Academia de la Fuerza Aérea, los Aspirantes a Oficial-Aviador son designados para realizar el Curso de Especialización Operacional en la Aviación de Alas Rotativas (CEOAR), impartido por

el primer Escuadrón del Undécimo Grupo de Aviación (1er/11º GAV). Dichos aviadores son llamados de pasantes durante el curso y así serán llamados también en este artículo.

Una de las principales características del helicóptero es la versatilidad, que lo hace capaz de cumplir diversos tipos de misión, desde salvamentos y evacuaciones aeromédicas a combates aéreos y ataques al suelo. Para explotar estas capacidades, la FAB posee seis escuadrones que operan aeronaves de alas rotativas y poseen misiones específicas. En este punto, queda evidenciada la complejidad de la misión del 1er/11º GAV, que comprende proporcionar a los pasantes el conocimiento y el entrenamiento para el empleo operativo en las Acciones de Fuerza Aérea desempeñadas por la Aviación de Alas Rotativas, por medio de instrucciones teóricas y prácticas (BRASIL, 2016a). En analogía con la Aviación de Alas Fijas, es como si un solo curso fuera responsable de especializar pilotos de caza, transporte, patrulla y reconocimiento, ya que el 1er/11º GAV debe desarrollar las competencias necesarias, tanto a los pilotos que actuarán en la Acción de Búsqueda y Salvamento, como a aquellos que desempeñarán la Acción de Ataque.

Tener que abarcar una amplia gama de Acciones de Fuerza Aérea hace que el CEOAR se convierta en un curso complejo, con variadas fases que pretenden abarcar las especificidades de todos los escuadrones de Alas Rotativas de la FAB, de modo que los pasantes desarrollen un conocimiento general sobre las potencialidades de los helicópteros, así como habilidades que utilizarán en la atención a la misión del escuadrón para el cual serán trasladados. La fase de empleo de armamento, con el uso de armamento frontal y operado por el piloto, por ejemplo, es indispensable para los pilotos que serán designados para el Segundo Escuadrón del Octavo Grupo de Aviación (2º/8º GAV), pero tal conocimiento no será utilizado por los pilotos designados a los demás escuadrones de alas rotativas. De igual forma, los pasantes realizan un Curso Teórico de Búsqueda y Salvamento (CTBS), indispensable a los pilotos que volarán en el Segundo Escuadrón del Décimo Grupo de Aviación (2º/10º GAV), pero cuyos conocimientos no serán utilizados por aquellos que se muevan hacia el 2º/8º GAV.

El CEOAR se define en su Plan de Evaluación como

Conjunto de actividades de enseñanza, cuyo propósito es para proporcionar experiencias de aprendizaje que permitan al alumno discriminar y aplicar los principios, conceptos, normas y procedimientos necesarios para el uso de helicópteros en las Acciones de la Fuerza Aérea específicas, establecidas por COMGAR. (BRASIL, 2016b, p. 12, subrayado del autor).

Además de la especialización del pasante como piloto de helicópteros, el CEOAR busca incentivar el desarrollo de atributos militares, intelectuales y profesionales, así como de los patrones éticos y morales deseables a un oficial de la Fuerza Aérea. Fomenta el patriotismo, la capacitación para el mando y el liderazgo, el conocimiento acerca del empleo del poder aéreo y la formación de una visión crítica con miras a la sugerencia de soluciones adecuadas al desarrollo de la Aviación de Alas Rotativas.

En este contexto, para investigar en qué medida el currículo desarrollado en el CEOAR es capaz de desarrollar las competencias necesarias a los pilotos de helicóptero de la FAB, considerados los conocimientos (saber), las habilidades (saber hacer) y las actitudes (querer hacer) trabajadas durante el curso, esta investigación se delimitó a la verificación del desarrollo de las competencias necesarias en el cumplimiento de la Acción de Ataque con aeronaves de alas rotativas, teniendo en cuenta su importancia y su especificidad, ya que se atribuye a solo dos de los escuadrones de helicópteros de la FAB: el Quinto Escuadrón del Octavo Grupo de Aviación (5°/8° GAV) y el Segundo Escuadrón del Octavo Grupo de Aviación (2°/8° GAV).

Este trabajo fue delimitado al cumplimiento de misiones de ataque con el AH-2 Sabre, helicóptero de ataque de la FAB, teniendo en cuenta aún las diferencias de pilotaje en esa aeronave, en comparación con los otros tipos de helicópteros. Esta delimitación consideró la experiencia del autor, que compuso el Cuadro de Tripulantes del 2°/8° GAV por nueve años y hoy es instructor del CEOAR.

En el caso de que el currículo de aprendizaje debe ser elaborado sobre la base de las competencias que desea desarrollar (SACRISTÁN, 2000), se presenta la siguiente indagación: ¿En qué medida el contenido curricular del CEOAR desarrolla las competencias necesarias al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre?

Para obtener las respuestas deseadas, se elaboraron las siguientes Cuestiones Norteadoras (CN):

CN1: ¿Qué competencias se necesitan al piloto para el cumplimiento de la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre?

CN2: ¿Qué competencias se desarrollan en el CEOAR?

Para proponer soluciones a estos cuestionamientos, este trabajo de investigación tiene como objetivo general identificar en qué medida el currículo del CEOAR desarrolla las competencias necesarias al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre. Con el fin de alcanzar tal objetivo, se establecieron aún los siguientes Objetivos Específicos (OE):

OE1: verificar, junto a especialistas, qué competencias se necesitan al piloto para el cumplimiento de la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre.

OE2: identificar qué competencias se desarrollan en el CEOAR, con base en el estudio del Currículo Mínimo de éste y de su Orden de Instrucción.

La investigación sobre el problema-objeto de este artículo tiene como línea de investigación la Educación en la Fuerza Aérea, ya que objetiva verificar si el actual currículo del CEOAR está en consonancia con la misión asignada al 1er/11° GAV, en lo que se refiere a la preparación del piloto de helicópteros que será designado para el 2°/8° GAV y cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre.

Más que una cuestión presupuestaria o una prueba de eficiencia, su importancia se traduce por comprender que el desarrollo adecuado de los conocimientos, de las habilidades y de las actitudes, durante el período de formación, es esencial para posibilitar la continuidad en el desarrollo de las competencias en el Escuadrón Operacional para el cual el pasante será designado.

2 MARCO TEÓRICO

Según Perrenoud (1999, p. 7), se define competencia como “[...] la capacidad de actuar eficazmente en un determinado tipo de situación, apoyada en conocimientos, pero sin limitarse a ellos”.

Se alía a la competencia la capacidad de innovar, ir más allá de lo que está previsto, buscar soluciones parcialmente originales, de acuerdo con la singularidad de la situación presente, superando el simple recuerdo de experiencias pasadas (PERRENOUD, 1999: 31).

Santos (2001) establece una correlación entre la gestión de competencias y la formación que un profesional debe poseer para desempeñar satisfactoriamente una determinada función. Se resalta aún la acepción holística de esas competencias, comprendiendo no sólo los conocimientos y las habilidades necesarias para la realización de determinada actividad, sino también actitudes vinculadas al buen desempeño en dicha actividad.

En la misma línea de pensamiento, Rabaglio (2001) afirma que la competencia tiene como base tres dimensiones: conocimientos, habilidades y actitudes (CHA). De la unión de las tres iniciales, se define que CHA es un conjunto que abarca, no solo las cuestiones técnicas (conocimientos - saber), sino también la capacidad para emplear los conocimientos (habilidades - saber hacer) y el comportamiento ante las tareas (actitudes - querer hacer), como sigue.

C (conocimiento - saber): conocer manuales técnicos relativos a la aviación, conocer tácticas y técnicas

importantes para la realización de un determinado tipo de vuelo, conocer normas importantes al desarrollo del pilotaje y(o) al cumplimiento de una determinada misión, etc.;

H (habilidad - saber hacer): capacidad de utilizar en la práctica los conocimientos (practicar el saber) - saber planificar determinado tipo de misión, saber emplear tácticas y técnicas específicas, saber operar la aeronave en determinada condición, etc.; y

A (Actitud - querer hacer): comportamiento que nos lleva a aplicar conocimientos y habilidades en la ejecución de una determinada tarea - buscar perfeccionamiento en determinada táctica o técnica de vuelo, querer aplicar correctamente los conocimientos presentes en los manuales de vuelo, etc.

El concepto de currículo se vuelve igualmente importante para el desarrollo de este trabajo. Sacristán (2000, p.16) define el currículo como "El contexto de la práctica, al mismo tiempo que es contextualizado por ella." y defiende que no se limita a una relación de contenidos intelectuales a ser aprendidos, pero pretende reflejar el esquema socializador formativo y cultural de la institución escolar. Corrobora así para la idea de que supera la simple transmisión de conocimientos, pero desarrolla habilidades y actitudes adecuadas a un objetivo final. Según el autor, el currículo establece las estrategias de enseñanza que se utilizarán para alcanzar la meta educativa propuesta. Destaca la importancia del análisis curricular, comprendiendo sus contenidos y formas, como básica para la comprensión de la misión de la institución.

Sacristán (2000) defiende la importancia del constante análisis de los contenidos didácticos para la mejora de los currículos escolares. Estos deben ser instrumentos flexibles y dinámicos, para que se mantengan eficaces según el objetivo propuesto. De esta forma, un currículo bien estructurado que desarrolle las competencias necesarias para el correcto desempeño de una actividad será más eficiente en la formación de un profesional bien preparado para el cumplimiento de sus atribuciones.

En el caso del CEOAR, la ICA 37-551 - Currículo Mínimo del Curso de Especialización Operativa en la Aviación de Alas Rotativas - es el documento de la FAB que establece el contenido programático mínimo a ser desarrollado, fijando los contenidos que se trabajarán en las diversas fases del Curso. Abarca la instrucción terrestre y aérea (BRASIL, 2016a).

Con respecto a la instrucción aérea, los objetivos, los ejercicios, los niveles a alcanzar, el desarrollo de la misión, el Método SIPAER de Gestión de Riesgos (MSGR), así como las recomendaciones especiales y de seguridad afines a la misión se establecen en las órdenes de instrucción (BRASIL, 2015).

Es importante considerar también la siguiente definición de la Acción de Ataque, según la Doctrina Básica de la FAB - DCA 1-1:

"Es la Acción que consiste en emplear Medios de Fuerza Aérea para neutralizar o destruir blancos enemigos, previamente localizados e identificados" (BRASIL, 2012, p. 51).

Se destaca la diferencia entre Acción de Fuerza Aérea y Misión de Fuerza Aérea, conceptuadas en el mismo documento:

Acción de Fuerza Aérea: Acto de emplear, a nivel táctico, Medios de Fuerza Aérea para causar uno o más efectos deseados en una campaña u operación militar. Implica acciones letales y no letales de empleo del Poder Aeroespacial, así como acciones especializadas destinadas a soportar y complementar la capacidad operativa de la Fuerza Aérea. (BRASIL, 2012, p. 9).

Misión de Fuerza Aérea: Acción de Fuerza Aérea asignada a un comandante de aeronave, líder de formación de aeronaves, comandante de unidad terrestre o comandante de fracción de tropa, con la finalidad de alcanzar objetivos tácticos. (BRASIL, 2012, p. 10).

De esta forma, la investigación fue conducida con base en el marco teórico expuesto, en el análisis de los documentos que balizan el CEOAR y en su correlación con las competencias (conocimientos, habilidades y actitudes) necesarias al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre. Así, se pretende responder al problema de investigación propuesto, al identificar porcentualmente en qué medida se desarrollan en el CEOAR, las competencias necesarias para la realización de la tarea en cuestión y, consecuentemente, si el currículo actual es adecuado o necesita algún ajuste.

3 METODOLOGÍA

Según las definiciones de Gil (2010) y considerando el objetivo general de este trabajo científico, la investigación es clasificada como descriptiva, una vez que tiene por objeto identificar las competencias necesarias al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre y aquellas desarrolladas en el CEOAR.

Con base en los procedimientos técnicos utilizados, aún según Gil (2010), es clasificada como encuesta de levantamiento, por identificar las competencias necesarias al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre por medio de la aplicación de cuestionarios, respondidos por un grupo de expertos (OE1) y como

investigación documental, por identificar las competencias desarrolladas en el CEOAR por medio del análisis de documentos que rigen el funcionamiento del curso (OE2).

Para que sea alcanzado el OE1, se adoptó en este artículo el método de especialistas, llamado Delphi por rondas, sugerido por Santos (2001). En este método, se define un grupo de expertos que responderán a cuestionarios, individualmente y sin contacto con las opiniones de los demás, (a) con el fin de determinar las competencias requeridas al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre, con base en CHA (conocimientos, habilidades y actitudes). Entre los métodos registrados por la literatura científica para la determinación de competencias, fue seleccionado el Método Delphi, dada la simplicidad de su aplicación y por garantizar imparcialidad en la opinión de cada uno de los especialistas.

Los instructores de AH-2 Sabre, helicóptero de ataque de la FAB, fueron considerados expertos, dada la experiencia de esos pilotos en el entrenamiento de las misiones de ataque con esa aeronave y sus participaciones en el desarrollo y en el perfeccionamiento de las competencias requeridas en los pilotos recién llegados al 2º/8º GAV.

De ese universo de instructores, la muestra de esta investigación se limitó a los once instructores pertenecientes al efectivo del 2º/8º GAV en la actualidad, considerando ser los más actualizados en cuanto a las competencias en cuestión. Así, se enviaron cuestionarios para estos pilotos, obteniéndose una tasa de respuestas del 90,9%; por lo tanto, un total de diez opiniones distintas.

Con el fin de verificar el tamaño mínimo para la confiabilidad de la muestra y el error muestral para la presente investigación, se consideró la definición de Crespo (2002), conforme el resultado de la Ecuación 1.

$$n = \frac{N \times 1/E^2}{N + 1/E^2} \quad (1)$$

Considerando **E** como el error muestral tolerable (10%), **N** como el universo de investigación (11) e **n** como el tamaño mínimo de la muestra, resulta:

$$n = \frac{11 \times 1/(0,1)^2}{11 + 1/(0,1)^2} \approx 9,9$$

Por lo tanto, como la muestra alcanzada fue mayor que 9 (aproximadamente 10 respuestas), para un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 10%, se considera válida y confiable (GIL, 2010).

Para verificar la claridad de los cuestionamientos y asegurar la confiabilidad de los datos recolectados, el cuestionario inicial fue sometido a una prueba previa.

Según Lakatos y Marconi (2003), una prueba previa (*pre-test*) con una medición del 5 al 10% del valor de la muestra es suficiente para comprobar hasta qué punto la herramienta para la recolección de datos puede garantizar resultados exentos de errores. En esta etapa, fue respondido previamente por dos instructores de AH-2 Sabre, con experiencia en el cumplimiento de la Acción de Ataque con esta aeronave, pero no pertenecientes al actual efectivo del 2º/8º GAV. De esta forma, fue posible verificar su legibilidad y corregir posibles inconsistencias.

Fueron utilizados, para recoger datos, los cuestionarios en línea, creado en la plataforma *Survey Monkey* y enviados por enlace y correo electrónico a expertos seleccionados. Esta opción permitió el acceso a los respondedores (posibilitando el llenado incluso por el celular), proporcionando así más rapidez en las respuestas que los métodos tradicionales.

En una primera ronda, cada uno de los expertos respondió a preguntas abiertas, en las que se incluyeron los conocimientos, las habilidades y las actitudes juzgadas esenciales al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre, sin conocimiento de las respuestas de los demás. Posteriormente, se eliminaron las repeticiones y similitudes, resultando en tres listas reducidas que formaron tres matrices de competencias, por tipo (CHA).

En la segunda ronda, cada especialista recibió las matrices de competencias definidas en la primera ronda, constituidas por 16 conocimientos, 19 habilidades y 31 actitudes, y respondió si está de acuerdo o no con cada uno de los CHA listados. Con las respuestas de todos los especialistas, la validación de cada competencia fue obtenida a partir de un Coeficiente de concordancia, conforme representado en la Ecuación 2 (SANTOS, 2001).

$$Cc = (1 - Vn/Vt) \times 100 \quad (2)$$

Donde,

Cc = Coeficiente de concordancia expresado en porcentaje.

Vn = Cantidad de expertos en desacuerdo con el criterio predominante.

Vt = Cantidad total de especialistas.

Santos (2001) considera aceptable como consenso entre los especialistas Coeficientes de Concordancia mayores o iguales al 60% ($Cc \geq 60\%$). Así, las competencias con **Cc** menor que el 60% fueron excluidas, debido al bajo nivel de concordancia o poco consenso. Después de este procesamiento, restan 15 conocimientos, 17 habilidades y 20 actitudes

(detallados en el t3pico de **Aplicaci3n** del m3todo Delphi). Con la uni3n de estas tres dimensiones, seg3n el marco te3rico adoptado en esta investigaci3n, fue posible verificar las competencias necesarias al piloto que cumplir3 la Acci3n de Ataque con el AH-2 Sabre, respondiendo a la primera Cuesti3n Norteadora (CN1) y, consecuentemente, alcanzando el primer Objetivo Espec3fico (OE1).

Para responder a la segunda Cuesti3n Norteadora (CN2) y alcanzar el segundo Objetivo Espec3fico (OE2), las competencias desarrolladas en el CEOAR fueron identificadas con base en el an3lisis documental del Curr3culo M3nimo y de las3rdenes de instrucci3n del CEOAR, por tratarse de los documentos que balizan el curso, seg3n lo descrito en el marco te3rico.

Por 3ltimo, teniendo como base el marco te3rico de este art3culo y con la finalidad de alcanzar el objetivo general, se compararon las competencias identificadas en la investigaci3n documental del CEOAR con aquellas definidas en la encuesta de levantamiento de las opiniones del grupo de expertos definido en ese trabajo.

Del an3lisis de los datos, se obtuvo la respuesta para el problema de investigaci3n y elucidado el objetivo general propuesto.

4 AN3LISIS DE DATOS

En los t3picos siguientes, se analizan los datos obtenidos en la aplicaci3n de la metodolog3a, para permitir el logro de los objetivos y las respuestas a las indagaciones propuestas en este art3culo.

4.1 Aplicaci3n del M3todo Delphi

Despu3s de la primera ronda de cuestionarios, seg3n la aplicaci3n del M3todo Delphi (SANTOS, 2001), todas las competencias enumeradas por los especialistas fueron enlistadas, eliminando las repeticiones y semejanzas. El resultado fue tres relaciones divididas en 16 Conocimientos, 19 Habilidades y 31 Actitudes (CHA). Con ello se construyeron las Matrices de Competencias Definidas por los Especialistas.

En la segunda ronda, cada uno de los expertos se3al3 si estaba de acuerdo o no con los CHA obtenidos en la primera ronda. As3, aplicado el Coeficiente de Concordancia definido por Santos (2001), se eliminaron los 3tems con concordancia menor que el 60%. De esta forma, fueron construidas las Matrices de Competencias Apuradas con Nivel de Concordancia, conforme las Tablas 1, 2 y 3.

Tabla 1 – Matriz de Conocimientos Determinada en Nivel de Concordancia.

Conocimientos	
C1	Conocer y respetar los l3mites y las capacidades de la aeronave.
C2	Conocer los procedimientos de seguridad de la aeronave y del armamento.
C3	Conocer los procedimientos de Gesti3n de Recursos de la Tripulaci3n (<i>Crew Resources Management</i> - CRM).
C4	Conocer la Mis3n de Ataque (doctrina y factores de influencia).
C5	Conocer la legislaci3n pertinente, la fraseolog3a est3ndar y las palabras c3digo (Constituci3n Federal y las Normas Operativas del Sistema de Defensa Aeroespacial (NOSDA)).
C6	Conocer los m3todos utilizados en las formaciones t3cticas.
C7	Conocer las diversas formas de navegaci3n t3ctica (Navegaci3n a Baja Altura (NBA), Navegaci3n entre Obst3culos (NOE), etc.).
C8	Conocer las t3cnicas del vuelo con gafas de visi3n nocturna.
C9	Conocer t3cnicas de empleo del armamento aire-suelo.
C10	Conocer t3cnicas de empleo del armamento aire-aire.
C11	Conocer las maniobras de combate.
C12	Conocer el ambiente de operaci3n y las amenazas (escenario, capacidades del enemigo, etc.).
C13	Conocer los detalles del objetivo.
C14	Conocer los procedimientos de la escolta.
C15	Conocer la doctrina de empleo en paquete.

Fuente: El autor.

Tabla 2 – Matriz de Habilidades Determinada en Nivel de Concordancia.

Habilidades	
H1	Planificar misiones en el Sistema de Planificación de Misiones Aéreas (PMA).
H2	Operar el sistema PMA como una forma de desconfianza en las misiones en paquetes.
H3	Planificar misiones <i>Armspod</i> (Sistema de Planificación de Misiones AH-2).
H4	Razonar con horario, sol, luna y meteorología.
H5	Operar la aeronave en el vuelo básico diurno y nocturno.
H6	Administrar los diversos sistemas de la aeronave.
H7	Operar el helicóptero en la misión de ataque.
H8	Operar la aeronave en vuelo de formación.
H9	Operar la aeronave a baja altura (NOE), utilizando técnicas de ocultación sobre el terreno.
H10	Operar el sistema de armamento de la aeronave.
H11	Tener aptitud en todas las formas de empleo del vector que opera.
H12	Volar en ala y coordinar el empleo armado simultáneamente.
H13	Saber coordinar una situación adversa.
H14	Combater las amenazas de suelo y aéreas.
H15	Prestar apoyo a su ala.
H16	Maniobrar la aeronave en el límite de su sobre operativo, obteniendo ventaja frente al enemigo.
H17	Volar con gafas de visión nocturna.

Fuente: El autor.

Tabla 3 – Matriz de Actitudes Determinada en Nivel de Concordancia.

Actitudes	
A1	Identificarse con la misión de ataque.
A2	Tener dedicación en la preparación de la misión.
A3	Cuantificar y calificar los riesgos de la misión.
A4	Controlar la ejecución de la planificación en vuelo.
A5	Trabajar en equipo con todo el equipaje.
A6	Estar atento a las amenazas.
A7	Ser capaz de interpretar una situación adversa, observando la debilidad del enemigo a su favor.
A8	Tener creatividad para el desarrollo de técnicas y tácticas.
A9	Buscar la excelencia en el empleo del armamento aéreo.
A10	Poseer el coraje para cumplir la misión.
A11	Interés en el constante estudio del enemigo.
A12	Colaborar con el perfeccionamiento del grupo.
A13	Estar dispuesto a realizar exhaustivos entrenamientos.
A14	Tener concentración para el vuelo.
A15	Tener iniciativa.
A16	Poseer una estabilidad emocional elevada.
A17	Conocer sus propias limitaciones/restricciones.
A18	Dar el máximo de sí.
A19	Tener serenidad para la toma de decisiones (quizás difíciles).
A20	Tener una gran capacidad de adaptabilidad.

Fuente: El autor.

Con base en los conceptos de Rabaglio (2001) sobre la formación de competencias, se concluye que la suma de los conocimientos, de las habilidades y de las actitudes, listados en las tablas 1, 2 y 3, resume las competencias necesarias al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre. De ese modo, es respondida la primera Cuestión Norteadora (CN1) y alcanzado el primer Objetivo Específico (OE1) de este artículo.

4.2 Análisis documental

Siguiendo procesos y los principios defendidos por Sacristán (2000), según el cual el currículo contempla el contenido necesario para el desarrollo de los conocimientos, habilidades y actitudes adecuadas

al objetivo final de una institución, se realizó la investigación documental del Currículo Mínimo y de la Orden de Instrucción del CEOAR para identificar cuáles son las competencias desarrolladas en el Curso. Tales competencias posibilitan alcanzar el segundo Objetivo Específico (OE2), así como responder a la segunda Cuestión Norteadora (CN2) de este trabajo.

4.3 Comparación de los resultados

En posesión de las competencias necesarias al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre (Método Delphi) y de las competencias desarrolladas en el CEOAR (investigación documental), fue posible establecer una relación entre ellas, conforme a la Tabla 4.

Tabla 4 – Identificación de las competencias coincidentes.

	CÓDIGO - NOMENCLATURA	CONOCIMIENTOS	HABILIDADES	ACTITUDES
CURRÍCULO MÍNIMO DO CEOAR	Instrucción técnica del H-50.	C1, C2	H6	-
	Clase de la fase de adaptación diurna.	-	H5	-
	Preparación de la fase de adaptación diurna.	-	H5	-
	Gestión de Recursos de la Tripulación (<i>Crew Resources Management</i> - CRM).	C3	H13	A5, A6, A12, A15, A16, A19
	Clase de la fase de adaptación nocturna.	-	H5	-
	Preparación de la fase de adaptación nocturna.	-	H5	-
	Clase de la fase de formación táctica.	C6	H15	-
	Preparación de la fase de formación táctica.	C6	H15	-
	Clase de la fase de navegación.	C7	-	-
	Preparación de la fase de navegación a baja altura (NBA).	C7	-	-
	Clase de la fase de navegación entre obstáculos (NOE).	C7	H9	-
	Preparación de la fase de navegación entre obstáculos (NOE).	C7	H9	-
	Geometría de empleo.	C9, C10	-	A9
	Clase de la fase de ataque.	C4, C5	H4, H14	A1, A3
	Preparación de la fase de ataque.	C4, C5	H4, H14	-
	Clase de la fase de escolta.	C14	-	-
	Preparación de la fase de escolta.	C14	-	-
	Sistema de armamento axial Helibrás.	C2	H10	-
	Preparación de la fase de tiro terrestre.	C2, C9	H10, H11, H14	A9
	Preparación de la fase de lanzamiento de cohete.	C2, C9	H10, H11, H14	A9
Instrucción de Empleo de Helicóptero en Combate.	C5, C8, C9, C 10, C11, C12, C13, C15	H11, H14, H16, H17	A6, A7, A8, A9, A11	
Etapa Fisiológica e Instrucción de NVG.	C8	H17	A17	
Instrucción de Uso del PMA II.	-	H1	-	
Percepción Visual de Objetivos (PVO).	C12, C13	-	A11	

(conclusión)

ORDEN DE INSTRUCCIÓN	Adaptación diurna.	-	H5	-
	Adaptación nocturna.	-	H5	-
	Formación táctica.	-	H8, H15	-
	Navegación a Baja Altura (NBA).	C7	-	A4
	Navegación Entre Obstáculos (NOE).	C7	H9	A4
	Tiro terrestre rasante.	C2, C9	H10, H11, H14	A9
	Tiro terrestre asoleado.	C2, C9	H10, H11, H14	A9
	Lanzamiento de cohete.	C2, C9	H10, H11, H14	A9
	Ataque.	C4	H7, H14	A1, A4, A13
	Escolta.	C14	-	A4, A13
	Adaptación al vuelo.	-	-	A2, A20
	Conocimiento teórico.	C1, C2	-	A2
	Briefing con la tripulación.	-	-	A5
	Interés en la instrucción.	-	-	A14, A18
	Iniciativa.	-	-	A15
	Preparación de la misión.	-	-	A2, A3, A4, A18

Fuente: El autor.

4.3.1 Conocimientos

Con base en la observación de las Tablas 4 y 5, se puede verificar que todos los conocimientos enumerados por especialistas como necesarios al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre son de alguna forma trabajados durante el CEOAR. En cuanto a los conocimientos relativos al dominio de las capacidades y limitaciones de la

aeronave y del armamento (C1 y C2), a pesar de ser específicos para cada helicóptero, se considera que se desarrollan los métodos para tal estudio y su comprensión, además de valorado su entendimiento para facilitar la aplicación de estos preceptos en futuras aeronaves. Luego, fue posible verificar que el Currículo y la Orden de Instrucción del CEOAR atiende al 100% de los conocimientos necesarios al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2.

Tabla 5 – Correlación de conocimientos.

Conocimientos necesarios para el piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
¿Se desarrolla en el CEOAR?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	-
	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	-

Fuente: El autor.

Tabla 6 – Correlación de habilidades.

Habilidades necesarias para el piloto que cumplirá Acción de Ataque con el AH-2 Sabre									
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9
¿Se desarrolla en el CEOAR?	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	-
	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	-

Fuente: El autor.

4.3.2 Habilidades

Con el análisis de las Tablas 4 y 6, se puede verificar que el CEOAR desarrolla 14 de las 17 habilidades juzgadas por especialistas como necesarias al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2. Es decir, el CEOAR atiende el 82% de las habilidades requeridas al desempeño de la tarea en pauta.

En cuanto a las habilidades no directamente relacionadas, caben las siguientes salvedades:

H2 - Operar el sistema PMA como una forma de desconfianza en las misiones en paquetes. Los pasantes del CEOAR ya tienen instrucción (teórica y práctica) sobre la utilización del Sistema de Planificación de Misiones Aéreas (PMA) con respecto a la creación de rutas de navegación. Así, para el desarrollo de la habilidad H2, se sugiere que tal pauta sea incluida en el momento oportuno del curso. Considerando que la Instrucción de Empleo de Helicópteros en Combate ya se ocupa de las misiones de paquete, tal vez sea también un buen momento para presentar esta importante herramienta del *software* PMA.

H3 – Planificar misiones *Armspod* (Sistema de Planificación de Misiones AH-2). Sabiendo que en la FAB, el *Armspod* es un sistema único para las misiones de planificación en AH-2, no hay necesidad de trabajar dicha habilidad en el CEOAR. No hay perjuicio en desarrollarla cuando los pilotos lleguen al 2º/8º GAV.

H12 - Volar en ala y coordinar el empleo armado simultáneamente. Los pasantes realizan una simulación de empleo armado durante los vuelos de formación táctica. Así, surgen dos posibilidades para el desarrollo de esta habilidad: hacer semejante simulación más cercana a lo real, con todos los procedimientos necesarios para preparar el sistema de armamento y utilización de las técnicas de empleo, o incluir en la campaña de tiro terrestre uno o más entrenamientos de empleo real en vuelo de ala.

4.3.3 Actitudes

Con respecto a las actitudes, se puede verificar que el CEOAR atiende a 19 de las 20 listadas por especialistas como necesarias al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre, valor que representa el 95% del total.

Cabe señalar que, ciertamente, la única actitud no directamente relacionada (A10 - poseer el coraje para

cumplir la misión) es indirectamente desarrollada, tanto por la actividad aérea como por la propia profesión militar.

4.4 Síntesis del análisis de datos

A la luz de los conceptos defendidos por Perrenoud (1999), según el cual competencia es la capacidad de actuar eficazmente en determinada situación y que va más allá del simple conocimiento, y por Rabaglio (2001), al punto que divide competencia en tres dimensiones: conocimientos, habilidades y actitudes (CHA), este artículo enumeró las competencias necesarias al piloto para el cumplimiento de la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre, levantadas por medio de opiniones de especialistas y con la aplicación del Método Delphi, y las competencias desarrolladas en el CEOAR, extraídas por investigación documental.

Dada la comparación de estos datos, al verificar que el CEOAR atiende al 100% de los conocimientos, el 82% de las habilidades y el 95% de las actitudes señaladas por los especialistas, se obtuvo la respuesta al problema de investigación y alcanzó el objetivo general de la investigación.

Es importante destacar que, debido al vasto contenido trabajado en el CEOAR, para que sea posible abarcar las necesidades de todos los Escuadrones de Alas Rotativas de la FAB, muchos de los conocimientos, de las habilidades y de las actitudes tratadas en esta investigación son trabajados de forma parcial e incipiente, a pesar de suficientes para cumplir el objetivo propuesto por el curso y transmitir una buena noción al pasante de las capacidades de los helicópteros y de las Acciones de Fuerza Aérea desarrolladas en las Unidades Aéreas para las cuales podrán ser movidos, además de, ciertamente, facilitar el perfeccionamiento futuro.

Sin embargo, como destaca Sacristán (2000), es importante el constante análisis del contenido curricular del curso para garantizar que éste se mantenga eficaz para el desarrollo de las competencias necesarias a los pilotos de helicóptero de la FAB, principalmente, si se considera la continua evolución tecnológica, que exige la permanente actualización de técnicas y tácticas de empleo de la Fuerza.

5 CONCLUSIÓN

Este artículo fue realizado con el objetivo de responder en qué medida el contenido curricular del Curso de Especialización Operacional en la Aviación de Alas Rotativas (CEOAR) desarrolla las competencias necesarias

Tabla 7 – Correlación de actitudes.

		Actitudes necesarias para el piloto que cumplirá Acción de Ataque con el AH-2 Sabre									
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
¿Se desarrolla en el CEOAR?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	
	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Fuente: El autor.

al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre. Para responder a esa indagación y, consecuentemente, atender al objetivo general del artículo, se propusieron dos cuestiones orientadoras y dos objetivos específicos.

En búsqueda de definiciones que basaran los conceptos que serían trabajados, se estableció un marco teórico, alineado a las ideas centrales del trabajo y elucidativo en cuanto a la identificación de competencias, a la construcción y al análisis curricular.

Se definió así la metodología de aplicación para la obtención de las respuestas a las cuestiones y de los objetivos propuestos: investigación de levantamiento, con utilización del Método Delphi o Método de Especialistas; y la investigación documental, a partir de la cual se analizaron el currículo y la Orden de Instrucción del CEOAR.

Para responder a la primera Cuestión Norteadora (CN1) y alcanzar el primer Objetivo Específico (OE1), se levantaron, junto a expertos, qué competencias son necesarias al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre. Este proceso ocurrió con la aplicación del Método Delphi, con base en la opinión de 10 especialistas. Después de dos rondas de cuestionarios, se obtuvo una relación con 15 conocimientos, 17 habilidades y 20 actitudes juzgadas esenciales para la realización de la tarea en pauta.

Con el fin de responder a la segunda Cuestión Norteadora (CN2) y alcanzar el segundo Objetivo Específico (OE2), se extrajeron las competencias desarrolladas en el CEOAR por análisis de la ICA 37- 551 - Currículo Mínimo del Curso de Especialización Operativa en la Aviación de Alas Rotativas y de su Orden de Instrucción.

En la etapa siguiente, la comparación de las competencias elaboradas por especialistas con aquellas desarrolladas en el CEOAR permitió que se alcanzara el Objetivo General de esta investigación y respondida a la indagación que la motivó, al concluir que el contenido curricular del CEOAR desarrolla el 100% de los conocimientos, el 82% las habilidades y el 95% de las actitudes necesarias al piloto para el cumplimiento de la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre, aunque superficialmente en algunos de los casos.

De esta forma, quedó claro que el CEOAR es eficiente con respecto al desarrollo de las competencias necesarias al piloto que cumplirá la Acción de Ataque con el AH-2 Sabre.

En cuanto a las ideas defendidas por Sacristán (2000), se concluye que el análisis del contenido curricular del CEOAR es fundamental para la FAB por promover la constante mejora del currículo como instrumento flexible y dinámico y que lo mantiene capaz de permanecer bien estructurado, posibilitando, así, la formación de pilotos de helicóptero bien preparados para el desempeño de sus atribuciones.

Esta investigación no se agota en sí, ya que permite un punto de partida para futuras indagaciones.

En vista de la complejidad de asuntos abordados en el CEOAR, se sugiere que la eficiencia de sus contenidos curriculares sea comprobada para el cumplimiento de otras importantes Acciones de Fuerza Aérea y(o) para la atención a los Escuadrones de Alas Rotativas que recibirán los pasantes formados. De este modo, habrá constante colaboración para el perfeccionamiento de las competencias desarrolladas en el curso y el consecuente incremento en su eficacia, corroborando así para la formación de pilotos cada vez mejor preparados para el cumplimiento de las misiones de interés de la FAB.

REFERENCIAS

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 1266. Aprova a reedição do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PCA 11-47). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, 2010.

_____. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 278/GC3, de 21 de junho de 2012. Aprova a reedição Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA 1-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, 2012.

_____. Comando da Aeronáutica. Primeira Força Aérea. Currículo Mínimo do Curso de Especialização Operacional da Aviação de Asas Rotativas (CEO-AR) (ICA 37-551). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Parnamirim, RN, 2016.

_____. Comando da Aeronáutica. Primeira Força Aérea. Plano de Avaliação do Curso de Especialização Operacional do 1º/11º GAV (ICA 37-133). **Boletim do Comando da Aeronáutica** Parnamirim, RN, 2016.

_____. Comando da Aeronáutica. ALA 10. 1º/11º Grupo de Aviação. **Ordem de Instrução do Curso de Especialização Operacional da Aviação de Asas Rotativas**. Parnamirim, RN, 2015.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. São Paulo: Editora Saraiva, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

PERRENOUD, P. **Construindo as competências desde a escola**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

RABAGLIO, M. O. **Seleção por Competências**. 2. ed. São Paulo: Educador, 2001.

SACRISTÁN, J. G. **O Currículo: uma reflexão sobre a prática**. Tradução Ernani F. da F. Rosa, v. 3, 2000.

SANTOS, A. C. O uso do método Delphi na criação de um modelo de competências. **Revista de Administração**, v. 36, n. 2, p. 25-32, 2001.

Estudo sobre a influência do Curso de Formação Líder de Esquadrilha de Caça no esforço aéreo total dos Esquadrões do 3º GAV

Study on the influence of the Fighter Squadron Leader Training Course in the total airborne effort of the 3rd GAV Squadrons

Estudio sobre la influencia del Curso de Formación Líder de Escuadrilla de Caza en el esfuerzo aéreo total de los Escuadrones del 3er GAV

Edgar Barcellos Carneiro¹

RESUMO

Esse estudo teve como objetivo avaliar o consumo de horas de voo exclusivas à formação do Líder de Esquadrilha de Caça no esforço aéreo dos Esquadrões Aéreos do 3º GAV, através da comparação entre os cursos realizados na Força Aérea Brasileira (FAB) e na Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN). Buscou-se mensurar qual esforço aéreo e quais missões do Curso de Formação de Líder de Esquadrilha de Caça (CFLEC) não são aproveitados no programa de manutenção operacional dos Esquadrões Aéreos (EsqAe), buscando nas teorias de aprendizagem significativa e nos estágios da aprendizagem motora razões para tais missões exclusivas. Na realização da pesquisa, foram exploradas as legislações que regem o CFLEC e também as que regem o *Flight Lead Upgrade* (FLUG) em um país membro da OTAN, utilizado como critério de comparação. Como método de levantamento, foi enviado um questionário para avaliar qual o nível de proficiência dos pilotos do 3º GAV no início do curso, utilizado como ferramenta para fundamentar o motivo de existir uma maior quantidade de missões necessárias ao CFLEC em relação ao FLUG, conforme encontrado na pesquisa. Da análise dos dados verificou-se que, em média, 21% do esforço aéreo total dos EsqAe no ano de 2016 foram dedicados exclusivamente a missões do CFLEC, ou seja, que não possuem similar no programa necessário à manutenção da capacitação operacional das equipagens. Comparativamente à OTAN, a totalidade de missões do FLUG pode ser utilizada no programa destinado a manter a qualificação de *Combat Ready*, não demandando esforço aéreo extra para esse fim.

Palavras-chave: Curso de formação. Líder de esquadrilha de caça. Esforço Aéreo. Aprendizagem motora.

ABSTRACT

The goal of this study was to assess the consumption of exclusive flight hours for the training of the Fighter Squadron Leader in the airborne effort of the 3rd GAV Air Squadrons, by comparing the courses conducted in the Brazilian Air Force (FAB) and in the North Atlantic Treaty Organization (NATO). This study sought to measure which airborne effort and which missions of the Fighter Squadron Leader Training Course (CFLEC) are not used in the program of operational maintenance of the Air Squadrons (EsqAe), searching in meaningful learning theories and in the stages of motor learning reasons for such exclusive missions. During the research, the legislations governing the CFLEC and those governing the Flight Lead Upgrade (FLUG) were explored in a NATO member country, used as a standard of comparison. As a survey method, a questionnaire was sent to assess the level of proficiency of the 3rd GAV pilots at the beginning of the course, used as a tool to explain why there are more missions to the CFLEC in comparison with the FLUG, as found in the research. The data analysis verified that, on average, 21% of the total airborne effort of the EsqAe in the year 2016 were dedicated exclusively to missions of the CFLEC, in other words, that they do not have similarities in the program necessary to maintain the operational qualification of the equipment. Compared to NATO, all FLUG missions can be used in the program to maintain the Combat Ready qualification, and they do not require any extra air effort for this purpose.

Keywords: Training course. Fighter squadron leader. Air Effort. Motor learning.

I. Academia da Força Aérea (AFA) – Pirassununga /SP – Brasil. Major Aviador da Força Aérea Brasileira (FAB). E-mail: carneiroebc@fab.mil.br
Recebido: 24/03/17 Aceito: 24/08/18

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el consumo de horas de vuelo exclusivas al entrenamiento de del líder de Escuadrilla de Caza en el esfuerzo aéreo de los Escuadrones Aéreos del 3er GAV, mediante una comparación de los cursos de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB) y la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN). En estudio se buscó valorar el esfuerzo aéreo y las misiones del Curso de Formación de Líder de Escuadrilla de Caza (CFLEC) que no se aprovechan en el programa de mantenimiento operativo de los Escuadrones Aéreos (EsqAe), buscando en las teorías de aprendizaje significativo y en las etapas del aprendizaje motora, razones para tales misiones exclusivas. Durante la investigación, han sido exploradas las leyes que rigen el CFLEC y también las regulaciones del Flight Lead Upgrade (FLUG) en un país miembro de la OTAN, utilizado como criterios de comparación. Como método de elevación, se envió un cuestionario para evaluar el nivel de conocimiento de los pilotos del 3er GAV al inicio del curso, que se utilizó como una herramienta de apoyo a la razón por la que hay una mayor cantidad de misiones requeridas al CFLEC respecto al FLUG como encontrado en la investigación. Del análisis de los datos se verificó que, en promedio, el 21% del esfuerzo aéreo total de los EsqAe en el año 2016 fueron dedicados exclusivamente a misiones del CFLEC, o sea, que no poseen similar en el programa necesario para el mantenimiento de la capacitación operacional de los equipamientos. En comparación con la OTAN, todas las misiones del FLUG pueden utilizarse en el programa destinado a mantener la calificación de Combat Ready, en el que no se requiere un esfuerzo aéreo extra para este propósito.

Palabras clave: Curso de formación. Líder de escuadrilla de caza. Esfuerzo Aéreo. Aprendizaje motor.

1 INTRODUÇÃO

O Curso de Formação de Líder de Esquadrilha de Caça (CFLEC) é ministrado pelos Esquadrões Aéreos (EsqAe) do 3º Grupo de Aviação (3º GAV), compostos pelo 1º/3º GAV, 2º/3º GAV e 3º/3º GAV, os quais operam a aeronave A-29.

O CFLEC tem duração de dois anos e inicia-se tão logo o piloto formado no Curso de Especialização Operacional da Aviação de Caça (CEO-CA) se apresenta em um desses três esquadrões. Durante esses dois anos, cada aluno realizou 47 missões avaliadas e chega a consumir um esforço aéreo¹ total de 120 horas (BRASIL, 2016a).

Com uma média que varia entre oito e dez novos pilotos recebidos anualmente, a quantidade de recursos

necessários para cada aluno no CFLEC tem demandado um grande esforço dos EsqAe, em detrimento de outros programas de formação e de manutenção operacional dos demais tripulantes, quadro esse agravado ainda mais pelas frequentes diminuições no orçamento das Forças Armadas.

Diferente desse modelo de curso, na qual um piloto com pouca ou nenhuma experiência operacional inicia o CFLEC, logo após completar o curso de piloto de caça, Forças Aéreas de outros países utilizam um método distinto. Conforme relatos de pilotos de caça do Chile, Estados Unidos, França² e relatório de intercâmbio com a Força Aérea Equatoriana (BRASIL, 2015), é exigido que os pilotos possuam uma experiência mínima, que varia entre 2 a 3 anos ou cerca de 400 horas na aeronave, antes de iniciar os programas de formação de líderes.

Em contrapartida, esses programas são consideravelmente menores na duração do curso e em quantidade de missões (em média dez missões avaliadas), além de serem focados nas missões operacionais cumpridas pelos Esquadrões Aéreos, com pouca ou nenhuma fase de operação básica.

Isso posto, a presente pesquisa se propõe a elucidar o seguinte problema: Qual o consumo de horas de voo exclusivas à formação do Líder de Esquadrilha de Caça no esforço aéreo dos EsqAe do 3º GAV, comparando-se a metodologia do curso da Força Aérea Brasileira (FAB) com a da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN)?

Para responder o problema de pesquisa, foram elaboradas as seguintes Questões Norteadoras (QN):

QN1: Qual o consumo de horas de voo exclusivas à formação do Líder de Esquadrilha de Caça no esforço aéreo dos EsqAe, de acordo com a metodologia da FAB?

QN2: Qual o consumo de horas de voo exclusivas à formação do Líder de Esquadrilha de Caça no esforço aéreo dos EsqAe, de acordo com a metodologia da OTAN?

Desta forma, pretende-se alcançar o Objetivo Geral (OG) da pesquisa que é mensurar o consumo de horas de voo exclusivas à formação do Líder de Esquadrilha de Caça no esforço aéreo dos EsqAe do 3º GAV, comparando-se a metodologia do curso da FAB com a da OTAN. Para tanto, foram detalhados ainda os seguintes Objetivos Específicos (OE):

OE1: Identificar o consumo de horas de voo exclusivas à formação do Líder de Esquadrilha de Caça no esforço aéreo dos EsqAe, de acordo com a metodologia da FAB.

OE2: Identificar o consumo de horas de voo exclusivas à formação do Líder de Esquadrilha de Caça no esforço aéreo dos EsqAe, de acordo com a metodologia da OTAN.

¹ Esforço aéreo. Quantidade de horas voadas pelas aeronaves.

² Informações obtidas durante o intercâmbio de um piloto de A-29 da Força Aérea Chilena no 1º/3º GAV em 2015, e através de relatos dos pilotos franceses e americanos nas edições de 2010 e 2013 do exercício CRUZEX.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Uma vez que a comparação entre os dois métodos de instrução aérea de liderança (FAB e OTAN) irá adentrar no campo do aprendizado, o autor apresentará, a partir desta parte, os pesquisadores e suas obras balizadoras que serão utilizadas na avaliação do cenário pesquisado.

Segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, Novak e Hanesian (1983), a importância do que se aprende previamente, sobre aquilo que será assimilado no futuro, cria uma dependência entre estes dois conteúdos. Essa teoria afirma que a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Desta maneira, os conteúdos prévios deverão ser acrescidos de novos conhecimentos, dando continuidade à aprendizagem, os quais poderão alterar e(ou) dar outro significado àqueles anteriores. Conforme colocado por Ausubel, Novak e Hanesian (1983), as ideias novas só podem ser aprendidas e retidas de maneira útil caso se refiram a conceitos e proposições já disponíveis no subconsciente do aprendiz, e que proporcionem âncoras conceituais.

De acordo com essa teoria, os conceitos assimilados para a realização de uma missão como Ala Operacional de Caça servem como conceitos subsunçores para o aprendizado da liderança nessas mesmas missões, em situações na qual o piloto deverá tomar decisões de acordo com o cenário que será apresentado, em uma missão que já seja de seu domínio.

Sob o ponto de vista de que a pilotagem de uma aeronave envolve também aspectos psicomotores, a teoria sobre a aprendizagem motora vem a complementar o embasamento teórico utilizado neste trabalho. O modelo desenvolvido por Fitts e Posner (1967) apresenta três estágios da aprendizagem motora: cognitivo, associativo e autônomo.

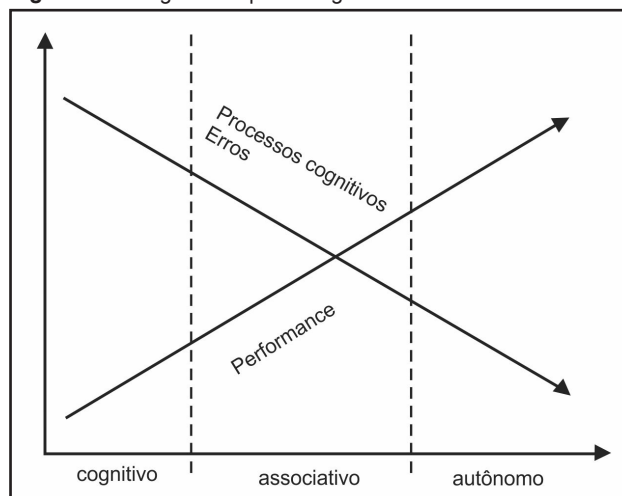
O primeiro desses é o estágio cognitivo, no qual se apresenta a habilidade ao indivíduo. Suas características são: a ocorrência de um grande número de erros e muita variabilidade no desempenho da atividade. A atividade cognitiva é muito grande, causando uma sobrecarga nos mecanismos de atenção. Muitas vezes a pessoa é capaz de perceber o erro, mas ainda não sabe como corrigi-lo. Os ganhos em proficiência são muito grandes neste estágio, e o aprendiz concentra-se nos problemas de natureza cognitiva, e procura visualizar e processar as informações relevantes para o reconhecimento dos objetivos e dos aspectos necessários para a execução da tarefa.

Após certo período de prática, o indivíduo passa para o estágio associativo, onde já é capaz de realizar a

atividade com mais facilidade, diminuindo a quantidade de erros e a variabilidade entre as tentativas. A carga cognitiva para o desempenho é moderada e a eficiência do movimento é melhorada. Neste estágio o aluno muda a sua ênfase dos problemas cognitivos e estratégicos para uma fase de organização mais efetiva e padronizada de movimentos para a execução da tarefa, procurando associar os movimentos com certas respostas do meio ambiente. Esse estágio é também chamado de estágio de refinamento, onde a variabilidade do desempenho começa a diminuir e os erros são menos grosseiros. Tem uma duração maior do que o primeiro, podendo durar até vários meses.

Por fim, após praticar a atividade extensivamente o indivíduo pode chegar ao estágio autônomo. Neste estágio o indivíduo é capaz de realizar as atividades automaticamente, com pequena variabilidade e com pouca carga nos mecanismos cognitivos, porém as melhorias de desempenho são mais difíceis de serem detectadas, pois os indivíduos estão próximos dos limites de suas capacidades e há pouca variabilidade entre tentativas subsequentes. Para chegar até esse estágio podem ser necessários vários anos de prática, sendo que muitos indivíduos, mesmo com muita prática, podem sequer nem chegar nesse nível. Tudo depende da tarefa a aprender.

Figura 1 – Estágios da Aprendizagem Motora.



Fonte: Fitts e Posner (1967).

Sob o ponto de vista do modelo de Fitts e Posner (1967), iniciar uma progressão operacional a Líder de Esquadilha em pilotos ainda em um baixo estágio de aprendizagem motora em relação ao voo na Aviação de Caça irá resultar em perda considerável de parte dos mecanismos de atenção, que serão voltados para as tarefas de pilotagem da aeronave, enquanto que, nessas

situações, o piloto já deveria ter um domínio maior que lhe permitisse focar os processos cognitivos na compreensão e análise do cenário tático apresentado. Portanto, durante um voo de liderança, quanto mais próximo o piloto estiver do estágio autônomo da aprendizagem, mais capacidade cognitiva e de atenção estarão disponíveis para as atividades inerentes à liderança de uma esquadrilha.

3 METODOLOGIA

A linha de pesquisa deste estudo se insere no contexto da Educação na Força Aérea, particularmente na análise do CFLEC ministrado nos EsqAe do 3º GAV.

Para a classificação da pesquisa, e tomando como base a classificação apresentada por Gil (2002), este trabalho, com base em seus objetivos, é exploratório, uma vez que se propôs a mensurar qual esforço aéreo e quais missões do CFLEC não são aproveitados no programa de manutenção operacional das Unidades Aéreas (UAe), buscando nas teorias de aprendizagem significativa e nos estágios da aprendizagem motora razões para tais missões exclusivas. Quanto aos procedimentos técnicos utilizados, ainda segundo Gil (2002), este trabalho foi classificado como documental e de levantamento.

Para atender ao OE1, foi realizada pesquisa documental sobre as legislações que regem o CFLEC e o adestramento operacional dos pilotos de caça, sendo elas, a ICA 11-59 – Programa de Instrução e Manutenção Operacional (PIMO) do 1º/3º GAV (BRASIL, 2016a), a IOC PRO-11C – Adestramento das Equipagens (BRASIL, 2016d) e a IOC REL-06B – Avaliação Operacional das Unidades Aéreas (BRASIL, 2016e).

O dado decorrente das horas de voo obtidas do OE1 teria pouco significado em um contexto isolado. Para isso o OE2 surge para estabelecer um parâmetro de referência, de forma a obter uma comparação entre o consumo de esforço aéreo exclusivo ao CFLEC e o de uma amostra referencial. Para essa amostra foi selecionado o *Flight Lead Upgrade Course* (FLUG), curso semelhante ao CFLEC realizado no âmbito da OTAN. Como legislação, foi utilizada a MCA 503-2 – Qualificação de Pilotos em F-16M (PORTUGAL, 2011), da Força Aérea Portuguesa, país membro desse tratado.

O critério de avaliação para mensurar o consumo de esforço aéreo exclusivo para cada curso de liderança (CFLEC e FLUG) foi a comparação entre as missões de cada curso com os mínimos necessários à manutenção operacional como piloto de caça. As missões adicionais necessárias ao CFLEC foram comparadas quantitativamente às do FLUG, utilizado como amostra de referência.

A avaliação do CFLEC foi realizada no ano de 2016, englobando os dados de esforço aéreo, quantidade de pilotos e currículo do curso vigente dos três EsqAe do 3º GAV, nesse período. Já a do FLUG compreende o currículo vigente em 2011, devido à disponibilidade de tal documentação.

Porém, a simples análise comparativa entre os resultados dos dois objetivos específicos acima apenas aponta as diferenças entre o FLUG e o CFLEC, sem méritos de adequabilidade do curso da FAB. Portanto, foi realizado um procedimento técnico de levantamento, através de questionário, para verificar se o nível de proficiência dos pilotos ao início do CFLEC está adequado à necessidade do curso.

Esse questionário foi enviado aos três EsqAe do 3º GAV com perguntas específicas para avaliar o nível de proficiência dos pilotos ao início do CFLEC, bem como o nível de proficiência desejável para o início desse curso. Esses níveis de proficiência foram escalonados segundo a escala de *Likert*, englobando desde o estágio cognitivo até o estágio autônomo da aprendizagem motora, e são melhor detalhados no item 4.3.

Essa avaliação foi feita por especialistas e compreende a análise do universo de todos os 52 pilotos integrantes do CFLEC em 2016. Foram definidos como especialistas para essas questões os pilotos com mais de 500 horas de voo na aeronave A-29 ou na Aviação de Caça, ou seja, os pilotos considerados como **experientes**. Tal critério de horas foi baseado na *Air Force Instruction* 11-412 – *Aircrew Management* (AFI-11-412), que estabelece o parâmetro de 500 horas para considerar um piloto de caça como **experiente**. (USA, 2009). Não há, no âmbito da FAB, documento que defina a conceituação de **piloto experiente**, sendo utilizado, portanto, tal requisito de uma Força Aérea membro da OTAN.

O universo de pilotos experientes ao qual o questionário foi enviado corresponde a um *n* de 48 indivíduos. Com o retorno obtido de 46 questionários, obteve-se uma margem de erro de 3% dentro de um intervalo de confiança de 95%, calculado com o auxílio de *softwares* estatísticos próprios.

Por fim, a análise dos dados dos dois objetivos específicos permitiu realizar uma avaliação do consumo de esforço aéreo exclusivo ao CFLEC comparativamente ao FLUG, classificando-o de acordo com esse valor de referência. Já o resultado do questionário teve como objetivo avaliar se, mesmo com a diferença encontrada entre os dois cursos, o CFLEC está adequado ou possui oportunidade de evoluir em seus critérios e currículo. Por sua vez, as teorias do referencial teórico foram utilizadas para relacionar a diferença da quantidade de missões com o nível de proficiência inicial dos pilotos, de acordo com a teoria de aprendizagem significativa e do modelo

de aprendizagem motora, o que, além de justificar as conclusões apresentadas, podem nortear eventuais oportunidades de melhoria do curso atual.

4 DADOS E ANÁLISE

Inicialmente, serão apresentados os dados coletados visando atingir os dois objetivos específicos dessa pesquisa. Em seguida, serão apresentados os resultados do questionário enviado aos pilotos experientes do 3º GAV, os quais fundamentaram a análise dos resultados dos objetivos específicos em função das teorias de aprendizagem já abordadas.

4.1 Curso de Formação de Líder de Esquadrilha de Caça (CFLEC)

O requisito para ser declarado Líder de Esquadrilha de Caça é, na época desse artigo, definido pela IOC PRO-11C³ – Adestramento das Equipagens (BRASIL, 2016d), da então Terceira Força Aérea (III FAE), que prevê que o piloto, além de concluir o CFLEC, deve possuir mais de 400 horas de voo em EsqAe de caça.

Para o CFLEC especificamente, foi analisada a ICA 11-59 – Programa de Instrução e Manutenção Operacional (PIMO) do 1º/3º GAV (BRASIL, 2016a). Uma vez que esse curso é padronizado no âmbito do Comando de Preparo (COMPREP), o EsqAe fonte desse documento, dentre os três Esquadrões do 3º GAV, não altera o teor da análise.

Segundo o PIMO do 1º/3º GAV (BRASIL, 2016a), a parte específica do curso de liderança tem a duração de dois anos, sendo dividido em dois programas. No primeiro ano do curso, o aluno integra o Programa de Elevação Operacional 1 (PEO 1) e voará na posição

de nº3 em uma esquadrilha de quatro aeronaves. Esse programa compreende quatorze missões avaliadas. Já no segundo ano de curso, o aluno passa a integrar o Programa de Elevação Operacional 2 (PEO 2), no qual voará na posição de Ás (líder) em formações de duas a quatro aeronaves. O PEO 2 é composto por 33 missões avaliadas, totalizando 47 missões durante todo o CFLEC.

O PIMO também estabelece que os pilotos iniciarão o PEO 1 assim que realizarem as missões de readaptação na aeronave A-29. Dessa forma, os novos Alas Operacionais de Caça iniciam o CFLEC tão logo se apresentem nos EsqAe do 3º GAV e estejam readaptados ao voo.

Todas as missões do PEO 1 são planejadas para serem realizadas em aproveitamento às mesmas missões já previstas para o PEO 2. Dessa forma, para a análise do esforço aéreo destinado ao CFLEC, será mensurado apenas o consumo destinado ao PEO 2, considerando todas as demais aeronaves como suporte, uma vez que os voos do PEO 1 não impactam na quantidade de surtidas necessárias.

Na Tabela 1 foi elencada a quantidade de missões, por fase, do PEO 2, bem como o esforço aéreo total de cada fase. Em seguida, é apresentada a quantidade de missões anuais previstas na IOC REL-06B – Avaliação Operacional das Unidades Aéreas (BRASIL, 2016e), para que o piloto possa atingir um padrão de manutenção operacional mínimo previsto. Por fim, é apresentada uma comparação entre o CFLEC e a IOC REL-06B, detalhando qual esforço aéreo tem que ser destinado em cada fase a mais do que o necessário para a manutenção operacional dos pilotos. Essa última coluna reflete o esforço aéreo que deve ser destinado exclusivamente ao CFLEC, por aluno, sem aproveitamento no programa de manutenção operacional mínimo previsto na IOC REL-06B.

Tabela 1 – Missões e esforço aéreo destinados ao CFLEC.

Fase	CFLEC		IOC REL-06B	Esforço Adicional p/ CFLEC	
	Missões	Horas Totais (Aluno + Suporte)	Missões Previstas	Missões	Horas
Formatura	8	27:20	0	8	27:20
Navegação Rádio	2	08:00	0	2	08:00
Estande Ar-Solo	4	20:00	3	1	05:00
Combate 1x1	2	04:00	3	0	00:00
Combate 2x1	5	15:00	5	0	00:00
Tiro Aéreo	2	08:00	1	1	04:00
Ataque	4	16:00	20	0	00:00
Ap. Aér. Aprox.	2	06:10	2	0	00:00
Escolta	2	12:00	1	1	04:00
Defesa Aérea (44F)	2	04:00	6	0	00:00
TOTAL	33	120:30	-	13	48:20

Fonte: Adaptada de Brasil (2016a,c).

³ Documento em processo de adequação a uma Norma de Preparo (NOPREP) do COMPREP, em virtude da reestruturação da FAB.

Em atenção ao OE1, percebe-se que, anualmente, são consumidas cerca de 120 horas de voo para cada piloto do PEO 2, sendo que, dessas, 48 horas não são aproveitadas no programa de manutenção operacional, caracterizando-se como missões exclusivas ao CFLEC e demandando esforço aéreo extra a ser despendido pelo EsqAe.

4.2 *Flight Lead Upgrade* (FLUG)

Para esse curso, foi pesquisada a MCA 503-2 – Qualificação de Pilotos em F-16M (PORTUGAL, 2011), da Força Aérea Portuguesa (FAP), país pertencente à OTAN. Diferente da forma adotada no Brasil, essa elevação operacional é dividida em dois estágios de liderança: *Two-Ship Flight Lead Upgrade* (FLUG 2) e *Four-Ship Flight Lead Upgrade* (FLUG 4), o que equivaleria a um curso para Líder de Elemento e outro para Líder de Esquadrilha.

A MCA 503-2 não adota um critério para conclusão do curso, e sim para início. Conforme esse documento, para iniciar o FLUG 2, o piloto deve ser operacional em F-16 e possuir mais de 400 horas de voo nessa aeronave. Já para o início do FLUG 4, o piloto deve ter concluído o FLUG 2 e já possuir uma experiência de 200 voos de liderança de elemento (*Two-Ship Flight Lead*).

Ambos os cursos, FLUG 2 e FLUG 4, possuem apenas missões operacionais, sendo elas de Combate Básico e Avançado (BFM e ACM), Intercepção Tática (*Tactical Intercept*), Varredura (*OCA Sweep*), Defesa Aérea (DCA FAOR), Ataque em um contexto de missões aéreas compostas (COMAO A/G) e de missões de Apoio Aéreo Aproximado (*Close Air Support*).

O FLUG 2 é composto de dez missões, sendo sete ar-ar e três ar-solo. Já o FLUG 4 é composto por seis missões, sendo quatro ar-ar e duas ar-solo. Não é possível determinar se as missões do FLUG 2 podem ocorrer em proveito das saídas já existentes do FLUG 4 como realizado entre o PEO 1 e PEO2. Dessa forma, a análise de missões e esforço aéreo extras, diferente do realizado no item 4.1, foi feita de forma individualizada para cada curso.

Assim como na análise do CFLEC, as Tabelas 2 e 3 demonstram a quantidade de missões e esforço aéreo destinados aos FLUG 2 e FLUG 4 e a quantidade de missões anuais que são previstas no *Continuation Program* para manter a capacitação de *Combat Ready*⁴, além da comparação entre o FLUG e o *Continuation Program*, detalhando se há uma necessidade de alocação de um esforço aéreo exclusivo para a formação de líderes.

Tabela 2 – Missões e esforço aéreo destinados ao FLUG 2.

Fase	FLUG 2		Cont. Program	Esforço Adicional p/ FLUG 2	
	Missões	Horas Totais (Aluno + Suporte)		Missões Previstas	Missões
1x1 BFM	1	02:00	2	0	00:00
2x1 ACM	1	03:45	2	0	00:00
Tactical Intercept	1	04:30	2	0	00:00
OCA Sweep	2	18:00	5	0	00:00
DCA FAOR	2	15:00	6	0	00:00
COMAO A/G	2	18:00	11	0	00:00
Close Air Support	1	03:00	7	0	00:00
TOTAL	10	64:15	-	0	00:00

Fonte: Adaptada de Portugal (2011).

Tabela 3 – Missões e esforço aéreo destinados ao FLUG 4.

Fase	FLUG 4		Cont. Program	Esforço Adicional p/ FLUG 4	
	Missões	Horas Totais (Aluno + Suporte)		Missões Previstas	Missões
COMAO A/G	2	24:00	11	0	00:00
OCA Sweep	2	24:00	5	0	00:00
DCA FAOR	2	27:00	6	0	00:00
TOTAL	6	75:00	-	0	00:00

Fonte: Adaptada de Portugal (2011).

⁴ *Combat Ready*. Qualificação na qual o piloto está habilitado a participar de missões operacionais reais, sem necessidade de treinamento adicional em sede antes de ser designado para a missão.

Para a formação de um piloto como Líder de Esquadrilha (*Four-ship Lead*) nesse padrão utilizado pela OTAN, são necessárias cerca de 140 horas de voo totais destinadas ao programa de cada aluno. Apesar de serem poucas as missões previstas (dezesseis no total), o esforço aéreo alocado torna-se elevado em virtude do cenário de cada missão ser mais complexo, com até dez aeronaves envolvidas.

Em atenção ao OE2, os dados revelam que, mesmo com esse esforço aéreo elevado, a totalidade das missões, tanto do aluno como dos voos de suporte, pode ser totalmente aproveitada no programa de manutenção operacional dos pilotos, de acordo com as missões já previstas de serem realizadas no *Continuation Program*, não demandando, na prática, nenhum esforço aéreo extra para esse curso.

4.3 Proficiência do piloto para o início do CFLEC

Para fornecer mais subsídios à análise baseada no referencial teórico, tendo em vista a evidente diferença de experiência de voo dos alunos ao início do CFLEC, em comparação com o FLUG, foi enviado um questionário para avaliar o nível de proficiência dos pilotos dos EsqAe do 3º GAV.

Segundo a interpretação teórica de que um piloto ainda em um estágio inicial do aprendizado demandará mais tempo até atingir uma proficiência que lhe permita dedicar mecanismos de atenção suficientes à compreensão e análise do cenário tático, os resultados desse questionário proporcionaram dados práticos que corroboram essa teoria, através da análise do nível de proficiência dos pilotos ao início do CFLEC em comparação com o nível desejável, fornecendo mais confiabilidade à análise teórica.

Esse questionário contou com a percepção dos pilotos de A-29 experientes (mais de 500 horas), conforme abordado no item 3, sobre o nível de proficiência dos pilotos em duas situações distintas: quando os mesmos se apresentavam na UAe para início do CFLEC, e sobre qual seria o real nível desejado.

Em outro momento, foi questionado com que experiência de voo um piloto atingiria esse nível de proficiência desejável.

Para as perguntas, foi considerado um cenário tático para cumprimento de uma ação de Ataque, como normalmente encontrado em um Exercício Operacional (BRASIL, 2016c). A proficiência a ser avaliada foi dividida em cinco níveis diferentes, definidos pelo autor:

a) Nível 1: consciência situacional insuficiente para reagir às ameaças em voo. Emprego do armamento incorreto ou com *foul*⁵ que afete o desempenho da missão (TVB⁶, *foul* de recuperação, etc.);

b) Nível 2: consciência situacional reduzida, porém o piloto reage corretamente ao receber uma *Threat Call*⁷. Emprego do armamento dentro dos limites estabelecidos, ou com *foul* que não afete o desempenho da missão (velocidade, eixo, etc.);

c) Nível 3: consciência situacional satisfatória. Consegue-se perceber o cenário através das *Pictures*⁸ e utiliza-se as *Threat Call* para definir as defesas. Emprego do armamento dentro dos limites estabelecidos, sem nenhum *foul*;

d) Nível 4: alta consciência situacional. Boa compreensão do cenário através das *Pictures*, possibilitando prever ações futuras. A informação de *Threat Call* serve como auxílio, mas o piloto não depende dela para reagir às ameaças. Emprego do armamento com pouca variação dos parâmetros de emprego previstos; e

e) Nível 5: consciência situacional plena. Total compreensão do cenário através das *Pictures*. A informação de *Threat Call* influi pouco na compreensão do cenário. Emprego do armamento com pouca ou nenhuma variação dos parâmetros de emprego previstos.

A Tabela 4 representa as respostas apresentadas pelos pilotos experientes sobre o nível de um piloto recém-chegado no EsqAe, que conseqüentemente já irá iniciar o CFLEC, bem como qual seria o nível de proficiência desejável para início do curso.

Tabela 4 – Percepção dos pilotos experientes sobre a proficiência dos pilotos de Caça da FAB no início e a proficiência desejável para o CFLEC.

Nível de Proficiência	No início do CFLEC	Desejável para o CFLEC
Nível 1	61%	0%
Nível 2	35%	26%
Nível 3	4%	50%
Nível 4	0%	22%
Nível 5	0%	2%

Fonte: O autor.

⁵ *Foul*. Falha em cumprir os limites dos parâmetros de emprego previstos ao lançar o armamento.

⁶ Tempo de Voo da Bomba. Existe um TVB mínimo, geralmente de 4,8 segundos, para permitir que a espoleta da bomba seja armada somente a uma distância segura da aeronave.

⁷ *Threat Call*. Mensagem rádio transmitida ao piloto para informar sobre presença de uma ameaça aérea abaixo de distâncias mínimas estabelecidas. Geralmente demanda uma manobra evasiva.

⁸ *Picture*. Mensagem rádio que transmite, em formato de difusão, a todos os pilotos, as posições das aeronaves inimigas, em relação a um ponto conhecido (*Bullseye*).

Importante observar que uma quantidade expressiva dos pilotos experientes (61%) considera que o nível de proficiência dos pilotos de caça ao início do CFLEC ainda é baixo (nível 1). Além disso, 74% dos pilotos experientes consideram que os alunos do CFLEC devem atingir, pelo menos, o nível 3 ou maior, antes do início do curso.

A Tabela 5 representa a percepção sobre qual experiência de voo um piloto deve ter para atingir o nível de experiência desejável para o início do CFLEC.

Considerando que um piloto se apresenta nos EsqAe do 3º GAV com cerca de 100 horas de voo na aeronave A-29 (BRASIL, 2016b), e que realiza uma média de 150 horas de voo por ano nessas UAe, nenhum dos pilotos questionados considera que a experiência de voo ao término do CEO-CA é suficiente para início do CFLEC. Um total de 70% desses pilotos considera que o aluno deva estar, no mínimo, no segundo ano de localidade, o que reflete, em média, mais de 250 horas na aeronave.

4.4 Análise dos dados

Da comparação entre os itens 4.1 e 4.2, pôde-se perceber que o FLUG demanda uma quantidade de horas totais superior ao CFLEC para a habilitação do piloto como Líder de Esquadrilha. Porém, esse esforço aéreo mais elevado decorre da maior complexidade das missões, e não da sua quantidade. Enquanto que no total dos FLUG 2 e 4 existem dezesseis missões avaliadas, com até dez aeronaves envolvidas em uma única missão, o currículo do CFLEC contempla um total de 47 missões, tendo duração bastante superior e complexidade menor em cada instrução.

Em relação ao consumo de esforço aéreo exclusivo, para cada PEO 2 do CFLEC, são necessárias cerca de 48 horas destinadas a missões que não possuem aproveitamento na manutenção operacional, o que pode refletir em até 480 horas anuais por EsqAe. Tomando como exemplo o esforço aéreo anual dos Esquadrões do 3º GAV para o ano de 2016, que varia entre 1981 e 2120 horas, e que, no referido ano, cada Esquadrão Aéreo conta com nove pilotos no PEO 2, somente esse consumo de horas extras representa um total de 435 horas, o que corresponde em média a 21% do esforço aéreo total de cada esquadrão. Já no FLUG, mesmo envolvendo uma

maior quantidade de esforço aéreo, a totalidade de missões pode ser aproveitada para manter a operacionalidade dos pilotos, correspondendo a uma possibilidade de 0% de alocação de horas de voo exclusivas a essa formação.

O modelo de aprendizagem motora de Fitts e Posner (1967) vem a confirmar o motivo do CFLEC demandar uma quantidade maior de missões para o mesmo propósito do FLUG. Mesmo com análise somente em relação ao FLUG 2, na qual a experiência de voo ao final de ambos os programas é bastante semelhante (cerca de 400 horas), o fato do CFLEC iniciar com um piloto que concluiu recentemente o curso de caça implica que o currículo tenha uma quantidade maior de missões para que seja atingido o mesmo produto final. Como resultado, há pouca diferença quantitativa de experiência entre o CFLEC e o FLUG 2 ao final do curso, porém existe uma diferença considerável no caminho utilizado para tal.

O resultado do questionário enviado aos pilotos experientes do 3º GAV demonstrou que os pilotos iniciam o CFLEC em um nível aquém do necessário para o curso. Isso justifica a necessidade de mais missões avaliadas, bem como a existência de missões mais básicas, que não possuem previsão na IOC REL-06B e que não são utilizadas para a manutenção operacional dos pilotos.

Mais uma vez, estabelecendo um paralelo entre os resultados do questionário (nível 1 de proficiência ao se apresentar na UAe) com a teoria de aprendizagem de Ausubel, Novak e Hanesian (1983) e o modelo de aprendizagem motora de Fitts e Posner (1967), percebe-se que os pilotos do CFLEC, além de se dedicarem ao aprendizado do voo como líder, ainda estão em processo de evolução do aprendizado na própria atividade como pilotos de caça. Tal afirmação implica que os conceitos subsunçores necessários ao aprendizado do voo de liderança ainda não estão adequadamente incorporados à estrutura cognitiva do aluno no início do CFLEC, bem como a sua aptidão motora não permite direcionar uma parcela significativa dos seus mecanismos de atenção aos processos cognitivos necessários a um voo de liderança no início do curso. Em sua essência, para um voo como Líder de Esquadrilha ou de Elemento, o piloto necessita de uma correta avaliação situacional ao mesmo tempo em que cumpre corretamente as ações de pilotagem inerentes à missão.

Tabela 5 – Horas de voo em A-29 necessárias para obter a proficiência desejável para início do CFLEC.

Horas de voo em A-29	Percepção pelos pilotos experientes
100h (ao término do CEO-CA)	0%
100 a 250h (no 1º ano na UAE)	30%
250 a 400h (no 2º ano na UAE)	37%
400 a 550h (no 3º ano na UAE)	26%
Mais de 550h (a partir do 4º ano na UAE)	7%

Fonte: O autor.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho de pesquisa, que teve sua origem na experiência do autor nas atividades aéreas em Esquadrões do 3º GAV, analisou o consumo de horas de voo exclusivas ao Curso de Formação de Líder de Esquadrilha de Caça ministrado atualmente.

Constatando o crescente esforço destinado ao CFLEC, em detrimento dos demais programas de formação e manutenção operacional, surgiu nesse autor a inquietação pela descoberta do real consumo exclusivo de esforço aéreo demandado pelo CFLEC, principalmente após conhecer programas de formação de outras Forças Aéreas.

Assim, delineou-se o seguinte problema de pesquisa: Qual o consumo de horas de voo exclusivas à formação do Líder de Esquadrilha de Caça no esforço aéreo dos EsqAe do 3º GAV, comparando a metodologia do curso da FAB com a da OTAN? A fim de encontrar a resposta a esse questionamento, iniciou-se o trabalho de pesquisa documental nas legislações que regem o curso de liderança na FAB e em um país membro da OTAN, que no caso desse estudo foi Portugal.

Em cumprimento ao Objetivo Específico 1, constatou-se que o CFLEC possui um total de 47 missões e consome, em média, cerca de 120 horas totais de voo para cada aluno do PEO 2. Porém, desse esforço aéreo total, somente 72 horas podem ser aproveitadas para a manutenção operacional dos pilotos, de acordo com os requisitos mínimos previstos na IOC REL-06B. Tomando como base o esforço aéreo e a quantidade de alunos desses EsqAe para o ano de 2016, as 48 horas exclusivas ao CFLEC, por aluno no PEO 2, representam um consumo médio de 21% (435 horas) de todo o esforço aéreo anual desses esquadrões.

Já no caso do FLUG, em cumprimento ao Objetivo Específico 2, constatou-se que o curso, dividido em dois módulos (*Two-Ship Flight Lead Upgrade* e *Four-Ship Flight Lead Upgrade*), possui um total de dezesseis missões avaliadas e consome um total de 140 horas de voo, esforço aéreo maior que o destinado ao CFLEC. Entretanto, todas as missões do FLUG são direcionadas para voos operacionais, o que implica que a totalidade do esforço aéreo consumido pode ser utilizada para a manutenção operacional como *Combat Ready* dos pilotos, de acordo com o previsto no *Continuation Program*. Como resultado, o FLUG possui uma influência de 0% no esforço aéreo.

De posse desses dados, e dos resultados dos questionários enviados aos pilotos do 3º GAV, foi possível estabelecer uma relação com a teoria de aprendizagem de Ausubel, Novak e Hanesian (1983) e com o modelo de aprendizagem motora de Fitts e Posner (1967). Considerando que o aluno do CFLEC inicia o curso com apenas 100 horas de experiência no A-29 (BRASIL, 2016b) e na Aviação de Caça, em comparação ao FLUG,

no qual o requisito é possuir no mínimo 400 horas na aeronave, pode-se concluir que o aluno do CFLEC inicia o curso com um nível de proficiência, ou seja, de aprendizado motor e cognitivo, menor que o aluno do FLUG. Percebe-se também que os pilotos do CFLEC, além de se dedicarem ao aprendizado do voo como líder, ainda estão em processo de evolução do aprendizado como pilotos de caça em si.

Tal afirmação implica que os conceitos subsunçores necessários ao aprendizado do voo de liderança ainda não estão adequadamente incorporados à estrutura cognitiva do aluno ao início do CFLEC, bem como a sua aptidão motora não permite direcionar uma parcela significativa da sua atenção aos processos cognitivos necessários em um voo de liderança, que, em sua essência, necessita de uma correta avaliação situacional ao mesmo tempo em que cumpre corretamente as ações de pilotagem inerentes à missão.

Essa conclusão foi corroborada pelo resultado do questionário submetido aos pilotos experientes do 3º GAV, em que 61% das respostas consideraram que o aluno, ao início do CFLEC, ainda estava no nível 1 de proficiência (consciência situacional insuficiente para reagir às ameaças em voo e(ou) emprego do armamento incorreto ou com *foul* que afete o desempenho da missão – TVB, *foul* de recuperação, etc.). Além disso, um total de 70% dos pilotos experientes considerou que o aluno deva estar no segundo ano de UAe ou mais (considerando uma média de 150 horas de voo por ano) para início do CFLEC, o que denota que o requisito atual para início do curso não está adequado à necessidade do mesmo.

Dessa forma, com relação ao problema de pesquisa, conclui-se que o CFLEC apresenta um consumo de esforço aéreo exclusivo ao curso elevado quando comparado ao FLUG, considerando que, em média, 21% do esforço aéreo anual para 2016 de cada Esquadrão não será aproveitado na manutenção operacional dos pilotos. Mesmo o FLUG demandando uma quantidade maior de esforço aéreo total para o curso, não há demanda adicional no esforço aéreo, pois todas as suas missões podem ser aproveitadas na manutenção operacional dos pilotos envolvidos.

Por fim, os resultados aqui obtidos abrem uma ampla gama de oportunidades de estudos no âmbito da Aviação de Caça, que podem ser desenvolvidos visando uma melhoria no CFLEC, tais como estudos sobre as competências necessárias a um Líder de Esquadrilha de Caça e estudos sobre o requisito inicial e currículo necessário ao curso, de forma a maximizar a eficiência na utilização dos recursos alocados aos EsqAe, destinando a maior parcela possível do esforço aéreo em missões que contribuam mais significativamente para a manutenção operacional das equipagens, de acordo com a missão atribuída pelo COMPREP.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educativa: un punto de vista cognoscitivo**. México: Trillas, 1983.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Primeiro Esquadrão do Terceiro Grupo de Aviação. ICA 11-59: **Programa de Instrução e Manutenção Operacional do 1º/3º GAV**. Boa Vista, RR, 2016a.

_____. **Relatório de Missão no Exterior - Equador**. Boa Vista, RR, 2015.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Segundo Esquadrão do Quinto Grupo de Aviação. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**. Natal, RN, 2016b.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Terceira Força Aérea. **Ordem de operações do**

exercício operacional BVR 2 / Sabre. Brasília, DF, 2016c.

_____. IOC PRO-11C: **Adestramento das equipagens**. Brasília, DF, 2016d.

_____. IOC REL-06B: **Avaliação operacional das unidades aéreas**. Brasília, DF, 2016e.

FITTS, P. M.; POSNER, M. I. **Human performance**. Belmont: Brooks/Colemann, 1967.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

PORTUGAL. Ministério da Defesa Nacional. **Qualificação de pilotos em F-16M**. MCA 503-2. 2011.

USA. Department of the Air Force. AFI 11-412. **Aircrew management**. Washington, DC, 2009.

Study on the influence of the Fighter Squadron Leader Training Course in the total airborne effort of the 3rd GAV Squadrons

Estudio sobre la influencia del Curso de Formación Líder de Escuadrilla de Caza en el esfuerzo aéreo total de los Escuadrones del 3er GAV

Estudo sobre a influência do Curso de Formação Líder de Esquadrilha de Caça no esforço aéreo total dos Esquadrões do 3º GAV

Edgar Barcellos Carneiro¹

ABSTRACT

The goal of this study was to assess the consumption of exclusive flight hours for the training of the Fighter Squadron Leader in the airborne effort of the 3rd GAV Air Squadrons, by comparing the courses conducted in the Brazilian Air Force (FAB) and in the North Atlantic Treaty Organization (NATO). This study sought to measure which airborne effort and which missions of the Fighter Squadron Leader Training Course (CFLEC) are not used in the program of operational maintenance of the Air Squadrons (EsqAe), searching in meaningful learning theories and in the stages of motor learning reasons for such exclusive missions. During the research, the legislations governing the CFLEC and those governing the Flight Lead Upgrade (FLUG) were explored in a NATO member country, used as a standard of comparison. As a survey method, a questionnaire was sent to assess the level of proficiency of the 3rd GAV pilots at the beginning of the course, used as a tool to explain why there are more missions to the CFLEC in comparison with the FLUG, as found in the research. The data analysis verified that, on average, 21% of the total airborne effort of the EsqAe in the year 2016 were dedicated exclusively to missions of the CFLEC, in other words, that they do not have similarities in the program necessary to maintain the operational qualification of the equipment. Compared to NATO, all FLUG missions can be used in the program to maintain the Combat Ready qualification, and they do not require any extra air effort for this purpose.

Keywords: Training course. Fighter squadron leader. Air Effort. Motor learning.

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el consumo de horas de vuelo exclusivas al entrenamiento de del líder de Escuadrilla de Caza en el esfuerzo aéreo de los Escuadrones Aéreos del 3er GAV, mediante una comparación de los cursos de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB) y la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN). En estudio se buscó valorar el esfuerzo aéreo y las misiones del Curso de Formación de Líder de Escuadrilla de Caza (CFLEC) que no se aprovechan en el programa de mantenimiento operativo de los Escuadrones Aéreos (EsqAe), buscando en las teorías de aprendizaje significativo y en las etapas del aprendizaje motora, razones para tales misiones exclusivas. Durante la investigación, han sido exploradas las leyes que rigen el CFLEC y también las regulaciones del Flight Lead Upgrade (FLUG) en un país miembro de la OTAN, utilizado como criterios de comparación. Como método de elevación, se envió un cuestionario para evaluar el nivel de conocimiento de los pilotos del 3er GAV al inicio del curso, que se utilizó como una herramienta de apoyo a la razón por la que hay una mayor cantidad de misiones requeridas al CFLEC respecto al FLUG como encontrado en la investigación. Del análisis de los datos se verificó que, en promedio, el 21% del esfuerzo aéreo total de los EsqAe en el año 2016 fueron dedicados exclusivamente a misiones del CFLEC, o sea, que no poseen similar en el programa necesario para el mantenimiento de la capacitación operacional de los equipamientos. En comparación con la OTAN, todas las misiones del FLUG pueden utilizarse en el programa destinado a mantener la calificación de Combat Ready, en el que no se requiere un esfuerzo aéreo extra para este propósito.

Palabras clave: Curso de formación. Líder de escuadrilla de caza. Esfuerzo Aéreo. Aprendizaje motor.

I. Air Force Academy (AFA) – Pirassununga /SP – Brazil. Major Aviator of the Brazilian Air Force (FAB). E-mail: carneiroebc@fab.mil.br

Received: 03/24/17

Accepted: 08/24/18

The acronyms and abbreviations contained in this article correspond to the ones used in the original article in Portuguese.

RESUMO

Esse estudo teve como objetivo avaliar o consumo de horas de voo exclusivas à formação do Líder de Esquadrilha de Caça no esforço aéreo dos Esquadrões Aéreos do 3º GAV, através da comparação entre o curso realizado na FAB e na OTAN. A pesquisa apresenta características exploratórias, pois buscou mensurar qual esforço aéreo e missões do Curso de Formação de Líder de Esquadrilha de Caça (CFLEC) não são aproveitados no programa de manutenção operacional dos EsqAe, buscando nas teorias de aprendizagem significativa e dos estágios da aprendizagem motora razões para tais missões exclusivas. Na realização da pesquisa documental foram exploradas as legislações que regem o CFLEC e também as que regem o Flight Lead Upgrade (FLUG) em um país membro da OTAN, utilizado como critério de comparação. Como método de levantamento, foi enviado um questionário para avaliar qual o nível de proficiência dos pilotos do 3º GAV ao início do curso, utilizado como ferramenta para fundamentar o motivo de existir uma maior quantidade de missões necessárias ao CFLEC em relação ao FLUG, conforme encontrado na pesquisa documental. A análise dos dados revelou que, em média, 21% do esforço aéreo total dos EsqAe no ano de 2016 foram dedicados exclusivamente à missões do CFLEC, ou seja, que não possuem similar no programa necessário à manutenção da capacitação operacional das equipagens. Comparativamente à OTAN, a totalidade de missões do FLUG pode ser utilizada no programa destinado a manter a qualificação de Combat Ready, não demandando esforço aéreo extra para esse fim.

Palavras-chave: Curso de Formação. Líder de Esquadrilha de Caça. Esforço Aéreo. Aprendizagem motora.

1 INTRODUCTION

The Fighter Squadron Leader Training Course (CFLEC) is taught by Air Squadrons (EsqAe) of the 3rd Aviation Group (3rd GAV), consisting of 1st/3rd GAV, 2nd/3rd GAV and 3rd/3rd GAV, which operate the A-29 aircraft.

The CFLEC has a duration of two years and begins as soon as the pilot graduated from the Fighter Aviation Operational Specialization Course (CEO-CA) presents himself in one of these three squadrons. During these two years, each student performed 47 missions assessed and consumes a total air effort¹ of 120 hours (BRASIL, 2016a).

With an average of eight and ten new pilots received annually, the amount of resources needed for each

student in the CFLEC has required a great effort from the EsqAe, to the detriment of other programs of training and of operational maintenance of other crew, which has been worsening due to frequent decreases in the budget of the Armed Forces.

Unlike this course model, in which a pilot with little or no operational experience starts attending the CFLEC shortly after completing the fighter pilot course, Air Forces from other countries use a different method. According to reports from fighter pilots from Chile, the United States, France² and an exchange report with the Ecuadorian Air Force (BRAZIL, 2015), pilots are required to have a minimum experience ranging from 2 to 3 years or about 400 hours on the aircraft, before starting the leadership training programs.

On the other hand, these programs are considerably shorter in terms of course duration and number of missions (on average ten missions assessed), as well as being focused on the operational missions of the Air Squadrons, with little or no basic operational phase.

For this reason, this research proposes to elucidate the following problem: What is the consumption of exclusive flight hours to the training of the Squadron Leader in the air effort of the 3rd GAV EsqAe, comparing the methodology of the Brazilian Air Force (FAB) course with that of the North Atlantic Treaty Organization (NATO)?

To answer the research problem, the following Guiding Questions (GQ) were elaborated:

GQ1: What is the consumption of exclusive flight hours to the training of the Squadron Leader in the air effort of the EsqAe, according to the FAB methodology?

GQ2: What is the consumption of exclusive flight hours to the training of the Squadron Leader in the air effort of the EsqAe, according to the NATO methodology?

Thus, we intend to reach the General Objective (GO) of the research that is to measure the consumption of exclusive flight hours for the training of the Fighter Squadron Leader in the air effort of the 3rd GAV EsqAe, comparing the methodology of the course of the FAB with that of NATO's. For this purpose, the following Specific Objectives (SO) were also detailed:

SO1: Identify the consumption of exclusive flight hours to the training of the Squadron Leader in the air effort of the EsqAe, according to the FAB methodology.

SO2: Identify the consumption of exclusive flight hours to the training of the Squadron Leader in the air effort of the EsqAe, according to the NATO methodology.

¹ Air Effort. Amount of hours flown by the aircraft.

² Information obtained during the exchange of a Chilean Air Force A-29 pilot in the 1st/3rd GAV in 2015, and through reports of French and American pilots in the 2010 and 2013 editions of the CRUZEX exercise.

2 THEORETICAL FRAMEWORK

Since the comparison between the two methods of air leadership instruction (FAB and NATO) enters into the field of learning, the author presents, in this section, the researchers and studies used in the assessment of the researched scenario.

According to Ausubel, Novak and Hanesian's (1983) Meaningful Learning Theory, the importance of what is learned previously, about what will be assimilated in the future, creates a dependency between these two contents. This theory states that meaningful learning occurs when new information is anchored in preexisting relevant concepts (subsumptions) in the learner's cognitive structure. Thus, the new knowledge must be added to previous contents, giving continuity to the learning, which can change and (or) give another meaning to the previous ones. As stated by Ausubel, Novak, and Hanesian (1983), new ideas can only be learned and retained in a useful way if they refer to concepts and propositions already available in the subconscious of the learner, and which provide conceptual anchors.

According to this theory, the concepts assimilated for the accomplishment of a mission like Fighter Operational Wing serve as subsumption concepts for the learning of the leadership in these same missions, in situations in which the pilot must make decisions according to the scenario that will be presented, on a mission already mastered by him/her.

From the point of view that the piloting of an aircraft also involves psychomotor aspects, the theory about motor learning comes to complement the theoretical base used in this work. The model developed by Fitts and Posner (1967) presents three stages of motor learning: cognitive, associative and autonomous.

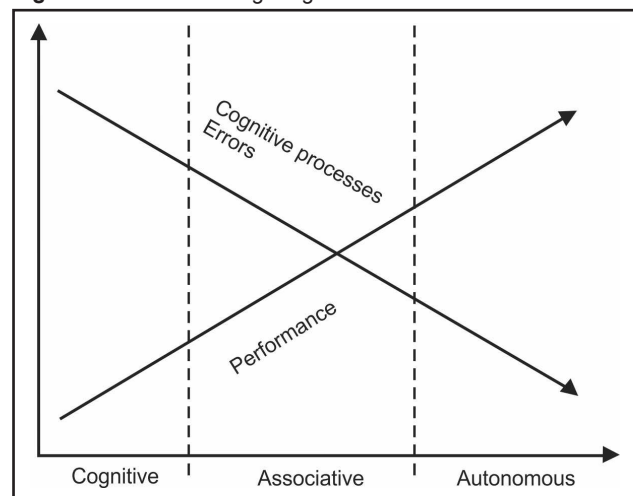
The first of these is the cognitive stage, in which the skill is presented to the subject. Its characteristics are: the occurrence of a large number of errors and a lot of variability in the performance of the activity. The cognitive activity is very high, causing an overload in the mechanisms of attention. For several times, the person is able to perceive the error, but still does not know how to correct it. The proficiency gains are very high at this stage, and the learner focuses on the problems of cognitive nature, and seeks to visualize and process the relevant information to the recognition of the objectives and aspects necessary for the execution of the task.

After a certain period of practice, the individual goes to the associative stage, in which he is able to

perform the activity more easily, reducing the number of errors and the variability in the attempts. The cognitive load for performance is moderate and the efficiency of movement is improved. At this stage the student shifts his/her emphasis from cognitive and strategic problems to a phase of more effective and standardized organization of movements to perform the task, seeking to associate movements with certain environmental responses. This stage is also called the refinement stage, where performance variability begins to decrease, and errors are less coarse. It lasts longer than the first stage, and it lasts up to several months.

Finally, after practicing the activity extensively the individual can reach the autonomous stage. At this stage the subject is able to perform the activities automatically, with little variability and with a small load in the cognitive mechanisms. However, performance improvements are more difficult to be detected because the individuals are close to the limits of their capabilities and there is little variability between subsequent attempts. To achieve this stage years of practice may be necessary, and many individuals, even with lots of practice, may not achieve that level. It all depends on the task to be learned.

Figure 1 – Motor Learning Stages.



Source: Fitts e Posner (1967).

From the point of view of the Fitts and Posner model (1967), initiating an operational progression to Squadron Leader in pilots still in a low stage of motor learning regarding the flight in Fighter Aviation will result in a considerable loss of part of the mechanisms of attention, which will be directed to the tasks of piloting the aircraft, whereas in some

situations, the pilot should already have a greater domain that would allow him to focus the cognitive processes on the understanding and analysis of the presented tactical scenario. Therefore, during a leadership flight, the closer the pilot is to the autonomous learning stage, the more cognitive and attention capacity will be available for the activities inherent to the leadership of a squad.

3 METHODOLOGY

This study fits into the context of the Air Force Education, particularly in the CFLEC analysis conducted in the 3rd GAV EsqAe.

Based on the classification presented by Gil (2002), this study, based on its objectives, is exploratory, once it was proposed to measure which air effort and which CFLEC missions are not used in the the Air Units (UAe) operational maintenance program, and it searches in the theories of meaningful learning and in the stages of motor learning reasons for such exclusive missions. As for the technical procedures used, according to Gil (2002), this work was classified as documental research and survey.

In order to meet SO1, documentary research was conducted on the legislation that governs the CFLEC and the operational training of fighter pilots, including ICA 11-59 - Operational Instruction and Maintenance Program (PIMO) of the 1st/3rd GAV (BRAZIL, 2016a), the IOC PRO-11C - Crews Training (BRAZIL, 2016d) and the IOC REL-06B - Operational Assessment of Air Units (BRAZIL, 2016e).

The data derived from the flight hours obtained from SO1 would have a little meaning in an isolated context. For this purpose, SO2 appears to establish a reference parameter, in order to obtain a comparison between the exclusive air effort consumption of the CFLEC and a reference sample. For this sample the Flight Lead Upgrade Course (FLUG) was selected, as it is a similar course to the CFLEC carried out within NATO. As legislation, MCA 503-2 - Pilot Qualification in F-16M (PORTUGAL, 2011), of the Portuguese Air Force, member country of this treaty, was used.

The assessment criteria used to measure the exclusive air effort consumption for each leadership course (CFLEC and FLUG) was to compare the missions of each course with the minimum required for operational maintenance as a fighter pilot. The additional missions required for CFLEC were quantitatively compared to those of the FLUG, used as the reference sample.

The assessment of the CFLEC was carried out in the year of 2016, encompassing the air effort data, the number of pilots and the curriculum of the current course of the three EsqAe of the 3rd GAV, in that period. The FLUG includes the current curriculum in 2011, due to the availability of such documentation.

However, the simple comparative analysis between the results of the two specific objectives above only points out the differences between the FLUG and the CFLEC, without merits of adequacy of the FAB's course. Therefore, a technical survey procedure was carried out, through a questionnaire, to verify if the level of pilot proficiency at the beginning of the CFLEC is adequate to the need of the course.

This questionnaire was sent to the three EsqAe of the 3rd GAV with specific questions to assess the proficiency levels of the pilots at the beginning of the CFLEC, as well as the desirable level of proficiency for the beginning of this course. These proficiency levels were scaled according to the Likert scale, ranging from the cognitive stage to the autonomous stage of motor learning, and they are detailed in item 4.3.

This assessment was made by experts and comprises the analysis of the universe of 52 CFLEC pilots in 2016. Pilots with more than 500 flight hours on the A-29 aircraft or Fighter Aviation, i.e. pilots considered as **experienced**, were defined as experts for such issues. The hours criterion was based on Air Force Instruction 11- 412 - Aircrew Management (AFI-11-412), which sets the 500-hour parameter to consider a fighter pilot as expert. (USA, 2009). There is no document within the scope of FAB which defines the concept of an **expert pilot**. Therefore, the concept used is one of a NATO Air Force.

The universe of expert pilots to which the questionnaire was sent corresponds to a **n** of 48 individuals. With the return obtained from 46 questionnaires, a margin of error of 3% was obtained within a 95% confidence interval, calculated with the help of its own statistical software.

Finally, the data analysis of the two specific objectives allowed to carry out an assessment of the exclusive air effort consumption to the CFLEC compared to the FLUG and to classify it according to this reference value. The aim of the questionnaire was to assess, even with the difference found between the two courses, if the CFLEC is adequate or presents an opportunity to evolve in its criteria and curriculum. On the other hand, the theories of the theoretical framework were used to link the difference of the number of missions to the level of initial proficiency of the pilots, according to the theory of meaningful learning and to the model of motor learning, which, besides justifying the presented conclusions, may guide eventual opportunities to improve the current course.

4 DATA AND ANALYSIS

Initially, the collected data will be presented aiming to reach the two specific objectives of this research. Then, the results of the questionnaire sent to experienced pilots of the 3rd GAV will be presented, which underpinned the analysis of the results of the specific objectives according to the theories of learning already addressed.

4.1 Fighter Squadron Leader Training Course (CFLEC)

The requirement to be declared a Fighter Squadron Leader, at the time this article was written, was defined by the IOC PRO-11C³ - Crews Training (BRAZIL, 2016d), of the Third Air Force (III FAE), which provides that the pilot, in addition to completing the CFLEC, must have more than 400 flight hours in the Fighter EsqAe.

For the CFLEC specifically, ICA 11-59 - Operational Instruction and Maintenance Program (PIMO) of the 1st/3rd GAV was analyzed (BRAZIL, 2016a). Since this course is standardized under the Preparation Command (COMPREP), the EsqAe source of this document, among the three Squads of the 3rd GAV, does not change the content of the analysis.

According to the PIMO of the 1st/3rd GAV (BRAZIL, 2016a), the specific part of the leadership course has a duration of two years, being divided into two programs. In the first year of the course, the student joins the Operational Elevation Program 1 (PEO 1) and will fly in the No. 3 position in a squadron of four

aircrafts. This program comprises fourteen assessed missions. In the second year of the course, the student joins the Operational Elevation Program 2 (PEO 2), and will fly in the Ace (leader) position in formations of two to four aircrafts. The PEO 2 consists of 33 assessed missions, totaling 47 missions throughout the CFLEC.

The PIMO also states that pilots will start PEO 1 as soon as they perform the readjustment missions on the A-29 aircraft. Thus, the new Operational Fighter Wings starts the CFLEC as soon as they present themselves in the EsqAe of the 3rd GAV and are readapted to the flight.

All PEO 1 missions are planned to be carried out to be the same missions already planned for the PEO 2. Thus, for the analysis of the air effort aimed to the CFLEC, only the consumption aimed to the PEO 2 will be measured, and all the other aircrafts will be considered as support, since the flights of the PEO 1 do not impact on the quantity of attacks needed.

Table 1 lists the number of missions per phase of PEO 2, as well as the total air effort of each phase. Then, the expected number of annual missions in the IOC REL-06B - Air Units Operational Assessment (BRAZIL, 2016e) is presented, so that the pilot can reach a minimum expected operational maintenance standard. Finally, a comparison between the CFLEC and IOC REL-06B is made, and it details which air effort must be allocated in each phase more than it is necessary for the operational maintenance of the pilots. This last column reflects the air effort that should be assigned exclusively for the CFLEC, per student, without exploitation in the minimum operational maintenance program as mentioned in IOC REL-06B.

Table 1 – Missions and air effort aimed for CFLEC.

Phase	CFLEC		IOC REL-06B Planned missions	Additional Effort For CFLEC	
	Missions	Total Hours (Student + Support)		Missions	Hours
Graduation	8	27:20	0	8	27:20
Radio Navigation	2	08:00	0	2	08:00
Air-Ground Stand	4	20:00	3	1	05:00
1x1 Combat	2	04:00	3	0	00:00
2x1 Combat	5	15:00	5	0	00:00
Air Shooting	2	08:00	1	1	04:00
Attack	4	16:00	20	0	00:00
Air Sup. Approx.	2	06:10	2	0	00:00
Escort	2	12:00	1	1	04:00
Air Defense (44F)	2	04:00	6	0	00:00
TOTAL	33	120:30	-	13	48:20

Source: Adapted from Brazil (2016a, c).

³ Document in process of adaptation to a Preparation Rule (NOPREP) of COMPREP, due to the restructuring of FAB.

Bearing the SO1 in mind, it is noted that approximately 120 flight hours are consumed each year for each PEO 2 pilot, of which 48 hours are not used in the operational maintenance program, and are characterized as CFLEC exclusive missions and demand extra air effort to be spent by EsqAe.

4.2 Flight Lead Upgrade (FLUG)

For this course, a research was performed on the MCA 503-2 - Pilots Qualification in F-16M (PORTUGAL, 2011), of the Portuguese Air Force (FAP), a country belonging to NATO. Unlike the way adopted in Brazil, this operational increase is divided into two stages of leadership: Two-Ship Flight Lead Upgrade (FLUG 2) and Four-Ship Flight Lead Upgrade (FLUG 4), which would be equivalent to one course for Element Leader and one for Squadron Leader.

MCA 503-2 does not adopt a criterion for completing the course, but only to begin. According to this document, to begin the FLUG 2, the pilot must be operational in F-16 and have more than 400 flight hours in that aircraft. But to begin the FLUG 4, the pilot must have completed

the FLUG 2 and already have an experience of 200 element leadership flights (*Two-Ship Flight Lead*).

Both courses, FLUG 2 and FLUG 4, have only operational missions: Basic and Advanced Combat (BFM and ACM), Tactical Intercept, OCA Sweep, Air Defense (DCA FAOR), Attack on a context of composite air missions (COMAO A/G) and Close Air Support missions.

FLUG 2 consists of ten missions, seven air-air and three air-ground missions. FLUG 4 is composed of six missions, four air-air and two air-ground. It is not possible to determine if the FLUG 2 missions can occur in favor of the existing FLUG 4 outcomes as performed between PEO 1 and PEO2. Thus, the analysis of extra missions and air effort, different from that performed in item 4.1, was done in an individualized way for each course.

As in the CFLEC analysis, Tables 2 and 3 demonstrate the amount of missions and air effort allocated to FLUG 2 and FLUG 4 and the number of annual missions planned in the Continuation Program to maintain Combat Ready⁴ qualification, besides the comparison between the FLUG and the Continuation Program, detailing if there is a need to allocate an exclusive air effort to the leaders training.

Table 2 – Missions and air effort aimed for FLUG 2.

Phase	FLUG 2		Cont. Program	Additional Effort for FLUG 2	
	Missions	Total Hours (Student + Support)	Planned missions	Missions	Hours
1x1 BFM	1	02:00	2	0	00:00
2x1 ACM	1	03:45	2	0	00:00
Tactical Intercept	1	04:30	2	0	00:00
OCA Sweep	2	18:00	5	0	00:00
DCA FAOR	2	15:00	6	0	00:00
COMAO A/G	2	18:00	11	0	00:00
Close Air Support	1	03:00	7	0	00:00
TOTAL	10	64:15	-	0	00:00

Source: Adapted from Portugal (2011).

Table 3 – Missions and air effort aimed for FLUG 4.

Phase	FLUG 4		Cont. Program	Additional Effort for FLUG 4	
	Missions	Total Hours (Student + Support)	Planned missions	Missions	Hours
COMAO A/G	2	24:00	11	0	00:00
OCA Sweep	2	24:00	5	0	00:00
DCA FAOR	2	27:00	6	0	00:00
TOTAL	6	75:00	-	0	00:00

Source: Adapted from Portugal (2011).

⁴ *Combat Ready*. Qualification in which the pilot is able to participate in real operational missions, without the need for additional training at headquarters before being assigned to the mission.

For the graduation of a pilot as a Squadron Leader (Four-ship Lead) in this standard used by NATO, it takes about 140 total flight hours for each student’s program. Although there are few planned missions (sixteen in total), the allocated air effort becomes high because the scenario of each mission is more complex with up to ten aircraft involved.

Regarding the SO2, the data show that, even with this high air effort, all missions, both student and support flights, can be fully exploited in the pilots’ operational maintenance program, according to the missions already planned to be carried out in the Continuation Program, not requiring, in practice, any extra air effort for this course.

4.3 Proficiency of the pilot to start the CFLEC

In order to provide more support to the analysis based on the theoretical framework, in view of the evident difference in the flight experience of the students at the beginning of the CFLEC, in comparison with the FLUG, a questionnaire was sent to assess the proficiency level of the 3rd GAV EsqAe pilots.

According to the theoretical interpretation that a pilot still in an early stage of learning will require more time to reach a proficiency that allows him/her to dedicate enough attention mechanisms to understand and analyze the tactical scenario, the results of this questionnaire provided practical data that corroborate this theory, through the analysis of the pilots’ proficiency level at the beginning of the CFLEC in comparison with the desirable level, which provides more reliability to the theoretical analysis.

This questionnaire had the perception of expert A-29 pilots (more than 500 hours), as discussed in item 3, about the proficiency level of the pilots in two different situations: when they arrived in the UAe to start the CFLEC, and on what the real desired level would be.

At another time, the respondents were asked about the flight experience a pilot should have to achieve the desired level of proficiency.

For the questions, a tactical scenario to accomplish an Attack action was considered, as normally found in an Operational Exercise (BRAZIL, 2016c). The proficiency to be assessed was divided into five different levels, defined by the author:

a) Level 1: insufficient situational awareness to react to in-flight threats. Use of incorrect weaponry or with foul⁵ that affect mission performance (TVB⁶, recovery foul, etc.);

b) Level 2: reduced situational awareness, but the pilot reacts correctly when receiving a Threat Call⁷. Use of weaponry within established limits, or with a foul that does not affect the performance of the mission (speed, axis, etc.);

c) Level 3: satisfactory situational awareness. The pilot can see the scenario through Pictures⁸ and use the Threat Call to define the defenses. Exploit the weaponry within established limits, without any foul;

d) Level 4: high situational awareness. Good understanding of the scenario through Pictures, which makes it possible to predict future actions. The Threat Call information serves as an aid, but the pilot does not depend on it to react to threats. Use of weaponry with little variation of the predicted use parameters; and

e) Level 5: full situational awareness. Full understanding of the scenario through the Pictures. The Threat Call information has little influence on the understanding of the scenario. Use of weaponry with little or no variation of the predicted use parameters.

Table 4 represents the answers given by the expert pilots about the level of a pilot newly arrived at the EsqAe, who will consequently start the CFLEC, as well as the desirable proficiency level to start the course.

Table 4 – Perception of expert pilots on the proficiency of FAB Fighter pilots at the beginning and the desirable proficiency for the CFLEC.

Proficiency Level	At the beginning of CFLEC	Desirable for CFLEC
Level 1	61%	0%
Level 2	35%	26%
Level 3	4%	50%
Level 4	0%	22%
Level 5	0%	2%

Source: The author.

⁵ *Foul*. Failure to comply with the limits of the predicted use parameters when launching the weaponry.

⁶ *Bomb Flight Time*. There is a minimum BFT, usually 4.8 seconds, to allow the bomb fuse to be armed only at a safe distance from the aircraft.

⁷ *Threat Call*. Radio message transmitted to the pilot to report the presence of an airborne threat below established minimum distances. Usually demands an evasive maneuver.

⁸ *Picture*. Radio message that transmits, in broadcast format, to all the pilots, the positions of the enemy aircraft, in relation to a known point (Bullseye).

It is important to note that an expressive amount of expert pilots (61%) consider that the proficiency level of fighter pilots at the beginning of the CFLEC is still low (level 1). In addition, 74% of expert pilots believe that the CFLEC students must achieve at least level 3 or higher before the beginning of the course.

Table 5 represents the perception of what flight experience a pilot should have to achieve the level of experience desirable to start the CFLEC.

Considering that a pilot enrolls in the 3rd GAV EsqAe with about 100 flight hours on the A-29 aircraft (BRAZIL, 2016b), and performs an average of 150 flight hours per year in these UAe, none of the pilots questioned considers that the flight experience at the end of the CEO-CA is enough to start the CFLEC. A total of 70% of these pilots consider that the student must be at least in the second year of locality, which reflects, on average, more than 250 hours in the aircraft.

4.4 Data analysis

From the comparison of items 4.1 and 4.2, it could be seen that the FLUG demands a total amount of hours higher than the CFLEC for the qualification of the pilot as a Squadron Leader. However, this higher air effort arises from the greater complexity of the missions, and not from their quantity. While in FLUG 2 and 4 there are sixteen assessed missions in total, with up to ten aircraft involved in a single mission, the CFLEC curriculum comprises a total of 47 missions, with a much longer duration and less complexity in each instruction.

Regarding the consumption of exclusive air effort, for each PEO 2 of the CFLEC, it takes about 48 hours for missions that do not have use in operational maintenance, which can represent up to 480 hours per year per EsqAe. Taking as an example the annual air effort of the 3rd GAV Squadrons for the year of 2016, which varies between 1981 and 2120 hours, and that, in the mentioned year, each Air Squadron has nine pilots in the PEO 2, only this consumption of extra hours represents a total of 435 hours, which corresponds to an average of 21% of the total air effort of each squadron.

In the FLUG, even involving a greater amount of air effort, the totality of missions can be used to maintain the pilots' operability, which corresponds to a possibility of 0% allocation of exclusive flight hours to this training.

The motor learning model of Fitts and Posner (1967) confirms the reason for CFLEC to demand a greater number of missions for the same purpose of the FLUG. Even with analysis related only to FLUG 2, in which the flight experience at the end of both programs is very similar (about 400 hours), the fact that the CFLEC starts with a pilot who has recently completed the fighter course implies that the curriculum has more missions to achieve the same end product. As a result, there is little quantitative difference in experience between the CFLEC and FLUG 2 at the end of the course, but there is a considerable difference in the path used for this end.

The result of the questionnaire sent to 3rd GAV expert pilots showed that pilots start the CFLEC at a level below that required for the course. This justifies the need for more assessed missions, as well as the existence of more basic missions that are not planned in the REL-06B IOC and that are not used for the operational maintenance of the pilots.

Once again, establishing a parallel between the results of the questionnaire (level 1 of proficiency when arriving in the UAe) with the learning theory of Ausubel, Novak and Hanesian (1983) and the motor learning model of Fitts and Posner (1967), it is noticed that the CFLEC pilots, besides devoting themselves to the learning of flight as a leader, they are still in the process of evolving learning in their own activity as fighter pilots. This statement implies that the subsumption concepts required for leadership flight learning are not yet adequately incorporated into the student's cognitive structure at the beginning of the CFLEC, as well as his/her motor aptitude does not allow to direct a significant portion of his/her attention mechanisms to the cognitive processes required to a leadership flight at the beginning of the course. In essence, for a flight as a Squadron or Element Leader, the pilot needs a correct situational assessment while, at the same time, he/she correctly performs the piloting actions inherent to the mission.

Table 5 – A-29 flight hours required to obtain the desired proficiency to start the CFLEC.

Flight hours in A-29	Perception by expert pilots
100h (at the end of CEO-CA)	0%
100 to 250h (in the 1st year in UAE)	30%
250 to 400h (in the 2nd year in the UAE)	37%
400 to 550h (in the 3rd year in the UAE)	26%
More than 550h (from the 4th year in the UAE)	7%

Source: The author.

5 CONCLUSION

This research, which originated from the author's experience in airborne activities in the 3rd GAV Squadrons, analyzed the consumption of exclusive flight hours to the current Fighter Squadron Leader Training Course.

Noting the growing effort to the CFLEC to the detriment of the other programs of training and operational maintenance, the author arose the concern about the discovery of the real exclusive consumption of air effort demanded by the CFLEC, mainly after learning about other training programs from other Air Forces.

Thus, the following research problem was outlined: What is the consumption of exclusive flight hours to the training of the Fighter Squadron Leader in the air effort of the 3rd GAV EsqAe, comparing the methodology of the FAB course with NATO's? In order to find the answer to this question, the work of documentary research was initiated in the legislations that govern the leadership course in FAB and in a NATO member country, which in the case of this study was Portugal.

In compliance with the Specific Objective 1, it was found that the CFLEC has a total of 47 missions and consumes, on average, about 120 total flight hours for each PEO 2 student. However, from this total air effort, only 72 hours can be used for the pilots' operational maintenance, in accordance with the minimum requirements mentioned in the IOC REL-06B. Based on the air effort and the number of students of these EsqAe for the year of 2016, the 48 exclusive hours to the CFLEC, per student in the PEO 2, represent an average consumption of 21% (435 hours) of all the annual air effort of these squads.

In the case of FLUG, in compliance with the Specific Objective 2, it was found that the course, divided in two modules (Two-Ship Flight Lead Upgrade and Four-Ship Flight Lead Upgrade), has a total of sixteen assessed missions and consumes a total of 140 flight hours, a greater air effort than assigned to the CFLEC. However, all FLUG missions are directed to operational flights, which implies that the entire air effort consumed can be used for operational maintenance such as Pilot Combat Ready, as provided in the Continuation Program. As a result, FLUG has 0% influence on air effort.

With this data, and the results of the questionnaires sent to the 3rd GAV pilots, it was possible to establish a relationship between the learning theory of Ausubel, Novak and Hanesian (1983) and the motor learning model of Fitts and Posner (1967). Considering that the CFLEC student starts the course with only 100 hours of experience on A-29 (BRAZIL, 2016b) and on Fighter Aviation, in comparison to FLUG, in which

the requirement is at least 400 hours in the aircraft, we conclude that the CFLEC student starts the course with a proficiency level, that is, motor and cognitive learning lower than that of the FLUG student. It is also noticed that besides devoting themselves to the learning of flight as a leader, the pilots are still in process of evolving learning as fighter pilots.

This statement implies that the subsumption concepts required for leadership flight learning are not yet adequately incorporated into the student's cognitive structure at the beginning of the CFLEC, as well as his/her motor aptitude does not allow to direct a significant portion of his/her attention to the cognitive processes required to a leadership flight. In its essence, the pilot needs a correct situational assessment at the same time that he/she correctly accomplishes the piloting action inherent to the mission.

This conclusion was corroborated by the results of the questionnaire submitted to the 3rd GAV expert pilots, in which 61% of the answers considered that the student, at the beginning of the CFLEC, was still at proficiency level 1 (insufficient situational awareness to react to in-flight threats and (or) incorrect use of weaponry or foul that affect mission performance - TVB, recovery foul, etc.). In addition, a total of 70% of expert pilots considered that the student should be in the second year of the UAe or more (considering an average of 150 flight hours per year) to start the CFLEC, which denotes that the current requirement for beginning the course is not appropriate for its need.

Thus, regarding the research problem, it is concluded that the CFLEC presents a high exclusive air effort consumption of the course when compared to the FLUG, considering that, on average, 21% of the annual air effort for 2016 of each Squadron will not be used during the operational maintenance of the pilots. Even if the FLUG demands a greater amount of total air effort for the course, there is no additional demand on the air effort, since all its missions can be used in the operational maintenance of the pilots involved.

Finally, the results obtained here open a wide range of fighter aviation research opportunities, which can be developed for improvement of the CFLEC, such as studies about the competences required for a Fighter Squadron Leader and studies about the initial requirement and the required curriculum for the course, in order to maximize the efficiency on the use of the resources allocated to the EsqAe, allocating the largest possible share of the air effort in missions that contribute most significantly to the operational maintenance of the equipment, in accordance with the mission assigned by the COMPREP.

REFERENCES

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educativa: un punto de vista cognoscitivo**. México: Trillas, 1983.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Primeiro Esquadrão do Terceiro Grupo de Aviação. ICA 11-59: **Programa de Instrução e Manutenção Operacional do 1º/3º GAV**. Boa Vista, RR, 2016a.

_____. **Relatório de Missão no Exterior - Equador**. Boa Vista, RR, 2015.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Segundo Esquadrão do Quinto Grupo de Aviação. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**. Natal, RN, 2016b.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Terceira Força Aérea. **Ordem de operações do**

exercício operacional BVR 2 / Sabre. Brasília, DF, 2016c.

_____. IOC PRO-11C: **Adestramento das equipagens**. Brasília, DF, 2016d.

_____. IOC REL-06B: **Avaliação operacional das unidades aéreas**. Brasília, DF, 2016e.

FITTS, P. M.; POSNER, M. I. **Human performance**. Belmont: Brooks/Coleman, 1967.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

PORTUGAL. Ministério da Defesa Nacional. **Qualificação de pilotos em F-16M**. MCA 503-2. 2011.

USA. Department of the Air Force. AFI 11-412. **Aircrew management**. Washington, DC, 2009.

Estudio sobre la influencia del Curso de Formación Líder de Escuadrilla de Caza en el esfuerzo aéreo total de los Escuadrones del 3er GAV

Study on the influence of the Fighter Squadron Leader Training Course in the total airborne effort of the 3rd GAV Squadrons

Estudo sobre a influência do Curso de Formação Líder de Esquadrilha de Caça no esforço aéreo total dos Esquadrões do 3º GAV

Edgar Barcellos Carneiro¹

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el consumo de horas de vuelo exclusivas al entrenamiento de del líder de Escuadrilla de Caza en el esfuerzo aéreo de los Escuadrones Aéreos del 3er GAV, mediante una comparación de los cursos de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB) y la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN). En estudio se buscó valorar el esfuerzo aéreo y las misiones del Curso de Formación de Líder de Escuadrilla de Caza (CFLEC) que no se aprovechan en el programa de mantenimiento operativo de los Escuadrones Aéreos (EsqAe), buscando en las teorías de aprendizaje significativo y en las etapas del aprendizaje motora, razones para tales misiones exclusivas. Durante la investigación, han sido exploradas las leyes que rigen el CFLEC y también las regulaciones del Flight Lead Upgrade (FLUG) en un país miembro de la OTAN, utilizado como criterios de comparación. Como método de elevación, se envió un cuestionario para evaluar el nivel de conocimiento de los pilotos del 3er GAV al inicio del curso, que se utilizó como una herramienta de apoyo a la razón por la que hay una mayor cantidad de misiones requeridas al CFLEC respecto al FLUG como encontrado en la investigación. Del análisis de los datos se verificó que, en promedio, el 21% del esfuerzo aéreo total de los EsqAe en el año 2016 fueron dedicados exclusivamente a misiones del CFLEC, o sea, que no poseen similar en el programa necesario para el mantenimiento de la capacitación operacional de los equipamientos. En comparación con la OTAN, todas las misiones del FLUG pueden utilizarse en el programa destinado a mantener la calificación de Combat Ready, en el que no se requiere un esfuerzo aéreo extra para este propósito.

Palabras clave: Curso de formación. Líder de escuadrilla de caza. Esfuerzo Aéreo. Aprendizaje motor.

ABSTRACT

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el consumo de horas de vuelo exclusivas al entrenamiento de del líder de Escuadrilla de Caza en el esfuerzo aéreo de los Escuadrones Aéreos del 3er GAV, mediante una comparación de los cursos de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB) y la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN). En estudio se buscó valorar el esfuerzo aéreo y las misiones del Curso de Formación de Líder de Escuadrilla de Caza (CFLEC) que no se aprovechan en el programa de mantenimiento operativo de los Escuadrones Aéreos (EsqAe), buscando en las teorías de aprendizaje significativo y en las etapas del aprendizaje motora, razones para tales misiones exclusivas. Durante la investigación, han sido exploradas las leyes que rigen el CFLEC y también las regulaciones del Flight Lead Upgrade (FLUG) en un país miembro de la OTAN, utilizado como criterios de comparación. Como método de elevación, se envió un cuestionario para evaluar el nivel de conocimiento de los pilotos del 3er GAV al inicio del curso, que se utilizó como una herramienta de apoyo a la razón por la que hay una mayor cantidad de misiones requeridas al CFLEC respecto al FLUG como encontrado en la investigación. Del análisis de los datos se verificó que, en promedio, el 21% del esfuerzo aéreo total de los EsqAe en el año 2016 fueron dedicados exclusivamente a misiones del CFLEC, o sea, que no poseen similar en el programa necesario para el mantenimiento de la capacitación operacional de los equipamientos. En comparación con la OTAN, todas las misiones del FLUG pueden utilizarse en el programa destinado a mantener la calificación de Combat Ready, en el que no se requiere un esfuerzo aéreo extra para este propósito.

Palabras clave: Curso de formación. Líder de escuadrilla de caza. Esfuerzo Aéreo. Aprendizaje motor.

I. Academia de la Fuerza Aérea (AFA) – Pirassununga/SP – Brasil. Mayor Aviador de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB). Email: carneiroebc@fab.mil.br
Recibido: 24/03/17 Aceptado: 24/08/18

Las siglas y abreviaturas contenidas en el artículo corresponden a las del texto original en lengua portuguesa.

RESUMO

Esse estudo teve como objetivo avaliar o consumo de horas de voo exclusivas à formação do Líder de Esquadilha de Caça no esforço aéreo dos Esquadrões Aéreos do 3º GAV, através da comparação entre o curso realizado na FAB e na OTAN. A pesquisa apresenta características exploratórias, pois buscou mensurar qual esforço aéreo e missões do Curso de Formação de Líder de Esquadilha de Caça (CFLEC) não são aproveitados no programa de manutenção operacional dos EsqAe, buscando nas teorias de aprendizagem significativa e dos estágios da aprendizagem motora razões para tais missões exclusivas. Na realização da pesquisa documental foram exploradas as legislações que regem o CFLEC e também as que regem o Flight Lead Upgrade (FLUG) em um país membro da OTAN, utilizado como critério de comparação. Como método de levantamento, foi enviado um questionário para avaliar qual o nível de proficiência dos pilotos do 3º GAV ao início do curso, utilizado como ferramenta para fundamentar o motivo de existir uma maior quantidade de missões necessárias ao CFLEC em relação ao FLUG, conforme encontrado na pesquisa documental. A análise dos dados revelou que, em média, 21% do esforço aéreo total dos EsqAe no ano de 2016 foram dedicados exclusivamente à missões do CFLEC, ou seja, que não possuem similar no programa necessário à manutenção da capacitação operacional das equipagens. Comparativamente à OTAN, a totalidade de missões do FLUG pode ser utilizada no programa destinado a manter a qualificação de Combat Ready, não demandando esforço aéreo extra para esse fim.

Palavras-chave: Curso de Formação. Líder de Esquadilha de Caça. Esforço Aéreo. Aprendizagem motora.

1 INTRODUCCIÓN

El Curso de Formación de Líder de Escuadrilla de Caza (CFLEC) es impartido por los Escuadrones Aéreos (EsqAe) del 3er Grupo de Aviación (3er GAV), compuestos por el 1er/3er GAV, 2º/3er GAV y 3er/3er GAV, los cuales operan la aeronave A-29.

El CFLEC tiene una duración de dos años y se inicia tan pronto el piloto formado en el Curso de Especialización Operativa de la Aviación de Caza (CEO-CA) se presenta en uno de esos tres escuadrones. Durante estos dos años, cada estudiante lleva a cabo 47 misiones evaluadas y alcanza un consumo de esfuerzo aéreo¹ total de 120 horas (BRASIL, 2016a).

Con un promedio que varía entre ocho y diez nuevos pilotos recibidos anualmente, la cantidad de recursos necesarios para cada alumno en el CFLEC ha demandado un

gran esfuerzo de los EsqAe, en detrimento de otros programas de formación y de mantenimiento operativo de los demás tripulantes, cuadro que es agravado aún más por las frecuentes disminuciones en el presupuesto de las Fuerzas Armadas.

A diferencia de este modelo de curso, en el que un piloto con poca o ninguna experiencia operativa inicia el CFLEC, después de completar el curso de piloto de caza, las Fuerzas Aéreas de otros países utilizan un método distinto. Mientras que los informes de los pilotos de caza de Chile, Estados Unidos, Francia² y el intercambio de informes con la Fuerza Aérea Ecuatoriana (BRASIL, 2015), se requiere que los pilotos tienen una experiencia mínima, que varía de 2 a 3 años o aproximadamente 400 horas en la aeronave, antes de iniciar los programas de formación de líderes.

En cambio, estos programas son considerablemente menores en la duración del curso y en la cantidad de misiones (en promedio diez misiones evaluadas), además de centrarse en las misiones operativas cumplidas por los Escuadrones Aéreos, con poca o ninguna fase de operación básica.

Esto puesto, la presente investigación se propone dilucidar el siguiente problema: ¿Cual es el consumo de horas de vuelo exclusivas al entrenamiento de del líder de Escuadrilla de Caza en el esfuerzo aéreo de los EsqAe del 3er GAV, comparándose la metodología del curso de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB) con la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN)?

Para resolver el problema de investigación, se elaboraron las siguientes Cuestiones Orientadoras o Norteadoras (QN):

QN1: ¿Cuál es el consumo de horas de vuelo exclusivas a la formación del Líder de Escuadrilla de Caza en el esfuerzo aéreo de los EsqAe, de acuerdo con la metodología de la FAB?

QN2: ¿Cuál es el consumo de horas de vuelo exclusivas a la formación del Líder de Escuadrilla de Caza en el esfuerzo aéreo de los EsqAe, de acuerdo con la metodología de la OTAN?

De esta forma, se pretende alcanzar el Objetivo General (OG) de la investigación que es medir el consumo de horas de vuelo exclusivas a la formación del Líder de Escuadrilla de Caza en el esfuerzo aéreo de los EsqAe del 3er GAV, comparando la metodología del curso de la FAB con la de OTAN. Para ello, se detallaron los siguientes Objetivos Específicos (OE):

OE1: Identificar el consumo de horas de vuelo exclusivas a la formación del Líder de Escuadrilla de Caza en el esfuerzo aéreo de los EsqAe, de acuerdo con la metodología de la FAB.

OE2: Identificar el consumo de horas de vuelo exclusivas a la formación del Líder de Escuadrilla de Caza en el esfuerzo aéreo de los EsqAe, de acuerdo con la metodología de la OTAN.

¹ Esfuerzo aéreo. Cantidad de horas voladas por las aeronaves.

² Informaciones obtenidas durante el intercambio de un piloto de A-29 de la Fuerza Aérea de Chile en el 1er/3er GAV en 2015, y a través de los informes de pilotos franceses y americanos en las ediciones de 2010 y 2013 el ejercicio CRUZEX.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Una vez que la comparación entre los dos métodos de instrucción aérea de liderazgo (FAB y OTAN) se adentrarán en el campo del aprendizaje, el autor presentará, a partir de entonces, los investigadores y sus obras balizadoras que serán utilizadas en la evaluación del escenario investigado.

Según la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, Novak y Hanesian (1983), la importancia de lo que se aprende previamente, sobre lo que será asimilado en el futuro, crea una dependencia entre estos dos contenidos. Esta teoría afirma que el aprendizaje significativo ocurre cuando la nueva información se ancla en conceptos relevantes (subsumidores) preexistentes en la estructura cognitiva del aprendiz. De esta manera, nuevos conocimientos deberán ser añadidos a los contenidos previos, dando continuidad al aprendizaje, los cuales podrán alterar y(o) dar otro significado a aquellos anteriores. Según lo indica Ausubel, Novak y Hanesian (1983), sólo se pueden aprender y quedar retenidas las ideas nuevas cuando se refieren a conceptos y proposiciones ya disponibles en el nivel subconsciente del aprendiz, y que proporcionen anclas conceptuales.

De acuerdo con esta teoría, los conceptos asimilados para la realización de una misión como Ala Operacional de Caza sirven como conceptos subsunsores para el aprendizaje del liderazgo en esas dichas misiones, en situaciones en las que el piloto deberá tomar decisiones de acuerdo con el escenario que será presentado en una misión que ya sea de su dominio.

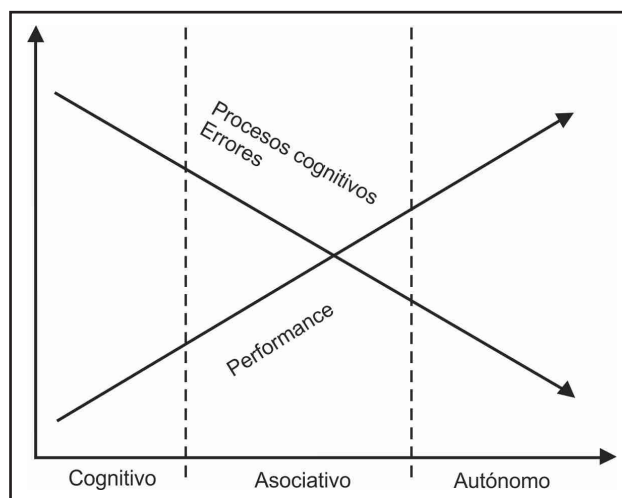
Bajo el punto de vista de que el pilotaje de una aeronave involucra también aspectos psicomotores, la teoría sobre el aprendizaje motora viene a complementar el basamento teórico utilizado en este trabajo. El modelo desarrollado por Fitts y Posner (1967) presenta tres etapas del aprendizaje motora: cognitivo, asociativo y autónomo.

El primero de ellos es el estadio cognitivo, en el cual se presenta la habilidad al individuo. Sus características son: la ocurrencia de un gran número de errores y mucha variabilidad en el desempeño de la actividad. La actividad cognitiva es muy grande, causando una sobrecarga en los mecanismos de atención. La persona a menudo es capaz de percibir el error, pero todavía no sabe cómo corregirlo. Los logros en aptitud son muy grandes en esta etapa, y el aprendiz se concentra en los problemas de naturaleza cognitiva, y busca visualizar y procesar las informaciones relevantes para el reconocimiento de los objetivos y de los aspectos necesarios para la ejecución de la tarea.

Después de cierto período de práctica, el individuo pasa a la etapa asociativa, donde ya es capaz de realizar la actividad con más facilidad, disminuyendo la cantidad de errores y la variabilidad entre los intentos. La carga cognitiva para el rendimiento es moderada y la eficiencia del movimiento se mejora. En esta etapa el alumno cambia su énfasis de los problemas cognitivos y estratégicos para una fase de organización más efectiva y estandarizada de movimientos para la ejecución de la tarea, buscando asociar los movimientos con ciertas respuestas del medio ambiente. Esta etapa se llama también la etapa de refinamiento, donde la variabilidad del rendimiento comienza a disminuir y los errores son menos groseros. Tiene una duración mayor que la primera, pudiendo durar hasta varios meses.

Por último, después de practicar la actividad extensivamente el individuo puede llegar a la etapa autónoma. En esta etapa el individuo es capaz de realizar las actividades automáticamente, con pequeña variabilidad y con poca carga en los mecanismos cognitivos, sin embargo las mejoras de desempeño son más difíciles de detectar, pues los individuos están cerca de los límites de sus capacidades y hay poca variabilidad entre intentos posteriores. Para llegar hasta esa etapa pueden ser necesarios varios años de práctica, siendo que muchos individuos, incluso con mucha práctica, ni siquiera pueden llegar a ese nivel. Todo depende de la tarea a aprender.

Figura 1 – Etapas del aprendizaje motor.



Fuente: Fitts y Posner (1967).

Según el punto de vista del modelo de Fitts y Posner (1967), iniciar una progresión operacional a Líder de Escuadrilla en pilotos aún en una baja etapa de aprendizaje motor en relación al vuelo en la Aviación de Caza resultará en una pérdida considerable de parte de los mecanismos de atención, que se dirigen a las tareas de pilotaje de la aeronave, mientras que,

en situaciones, el piloto ya debería tener un dominio mayor que le permitiese enfocar los procesos cognitivos en la comprensión y análisis del escenario táctico presentado. Por lo tanto, durante un vuelo de liderazgo, cuanto más cerca el piloto esté en la etapa autónoma del aprendizaje, más capacidad cognitiva y de atención estarán disponibles para las actividades inherentes al liderazgo de una escuadrilla.

3 METODOLOGÍA

La línea de investigación de este estudio se inserta en el contexto de la Educación en la Fuerza Aérea, particularmente en el análisis del CFLEC ministrado en los EsqAe del 3er GAV.

Para la clasificación de la investigación, y tomando como base la clasificación presentada por Gil (2002), este trabajo, con base en sus objetivos, es exploratorio, ya que se propuso medir el esfuerzo aéreo y cuáles misiones del CFLEC no se aprovechan en el programa de mantenimiento operativo de las Unidades Aéreas (UAe), buscando en las teorías de aprendizaje significativo y en las etapas del aprendizaje motora razones para tales misiones exclusivas. En cuanto a los procedimientos técnicos utilizados, aún según Gil (2002), este trabajo fue clasificado como documental y de levantamiento.

Para atender al OE1, se realizó una investigación documental sobre las legislaciones que rigen el CFLEC y el adiestramiento operacional de los pilotos de caza, específicamente: la ICA 11-59 - Programa de Instrucción y Mantenimiento Operativo (PIMO) del 1er/3er GAV (BRASIL, 2016a); la IOC PRO-11C - Adiestramiento de los equipajes (BRASIL, 2016d); y la IOC REL-06B - Evaluación Operacional de las Unidades Aéreas (BRASIL, 2016e).

El dato resultante de las horas de vuelo obtenidas del OE1 tendría poco significado en un contexto aislado. Para ello el OE2 surge para establecer un parámetro de referencia, para obtener una comparación entre el consumo de esfuerzo aéreo exclusivo al CFLEC y el de una muestra referencial. Para esta muestra fue seleccionado el *Flight Lead Upgrade Course* (FLUG), curso similar a CFLEC a cabo dentro de la OTAN. Se utilizó como legislación la MCA 503-2 - Cualificación de Pilotos de F-16M (PORTUGAL, 2011), la Fuerza Aérea de Portugal, país miembro del tratado.

El criterio de evaluación para medir el consumo de esfuerzo aéreo exclusivo para cada curso de liderazgo (CFLEC y FLUG) fue la comparación entre las misiones de cada curso con los mínimos necesarios para el mantenimiento operativo como piloto de caza. Las misiones adicionales necesarias para el CFLEC se compararon cuantitativamente con las del FLUG, utilizado como muestra de referencia.

La evaluación del CFLEC fue realizada en el año 2016, englobando los datos de esfuerzo aéreo, cantidad de pilotos y currículo del curso vigente de los tres EsqAe del 3er GAV, en ese período. La de FLUG comprende el currículo vigente en 2011, debido a la disponibilidad de dicha documentación.

Sin embargo, el simple análisis comparativo entre los resultados de los dos objetivos específicos arriba indicados sólo señala las diferencias entre el FLUG y el CFLEC, sin méritos de adecuación del curso de la FAB. Por lo tanto, se realizó un procedimiento técnico de levantamiento, a través de un cuestionario, para verificar si el nivel de competencia de los pilotos al inicio del CFLEC es adecuado a la necesidad del curso.

Este cuestionario fue enviado a los tres EsqAe del 3er GAV con preguntas específicas para evaluar el nivel de competencia de los pilotos al inicio del CFLEC, así como el nivel de competencia deseable para el inicio de ese curso. Estos niveles de competencia se clasifican de acuerdo a la escala *de Likert*, que abarca desde la etapa cognitiva a la etapa autónoma de aprendizaje motor, y se exponen más detalladamente en el punto 4.3.

Esta evaluación se llevó a cabo por especialistas y comprende el análisis del universo de todos los 52 pilotos integrantes del CFLEC en 2016. Se definieron como expertos a estas cuestiones pilotos con más de 500 horas de vuelo en el avión de combate A-29 de la aviación o, en otras palabras, los pilotos considerados **experimentados**. Tal criterio de horas se basó en la *Air Force Instruction 11-412 - Aircrew Management* (AFI-11-412), que establece el parámetro de 500 horas para considerar un piloto de combate como **experimentado**. (USA, 2009). No hay, en el alcance de la FAB, un documento que describe el concepto **piloto experimentado**, por lo que se ha utilizado el requisito de un miembro de la Fuerza Aérea de la OTAN.

El universo de pilotos experimentados al cual se envió el cuestionario corresponde a un n total de 48 individuos. Con la rentabilidad de 46 cuestionarios, se obtuvo una tasa de error de 3% dentro de un intervalo de confianza del 95% calculado con la ayuda de *software* estadísticos propios.

Por último, el análisis de los datos de los dos objetivos específicos permitió realizar una evaluación del consumo de esfuerzo aéreo exclusivo al CFLEC en comparación con el FLUG, clasificándolo de acuerdo con ese valor de referencia. El resultado del cuestionario tuvo como objetivo evaluar si, incluso con la diferencia encontrada entre los dos cursos, el CFLEC es adecuado o hay oportunidad de evolucionar sus criterios y currículo. Por su parte, las teorías del referencial teórico fueron utilizadas para relacionar la diferencia de la cantidad de misiones con el nivel de competencia inicial de los pilotos, de acuerdo con la teoría de aprendizaje significativa y del modelo de aprendizaje motor, lo que, además de justificar las conclusiones presentadas, puede orientar eventuales oportunidades de mejora del curso actual.

4 DATOS Y ANÁLISIS

Inicialmente, se presentarán los datos recolectados para alcanzar los dos objetivos específicos de esa investigación. A continuación se presentan los resultados del cuestionario enviado a los pilotos experimentados del 3er GAV, los cuales fundamentaron el análisis de los resultados de los objetivos específicos en función de las teorías de aprendizaje ya abordadas.

4.1 Curso de Formación de Líder de Escuadrilla de Caza (CFLEC)

El requisito de ser declarado el Líder de Escuadrilla de Caza está, en el momento de este artículo, establecido por la IOC PRO- 11C³ - Adiestramiento de los Equipajes (BRASIL, 2016d), de la entonces Tercera Fuerza Aérea (III MEF), que establece que el piloto, además de concluir el CFLEC, debe poseer más de 400 horas de vuelo en EsqAe de caza.

Para el CFLEC específicamente, se analizó la ICA 11-59 - Programa de Instrucción y Mantenimiento Operativo (PIMO) del 1er/3er GAV (BRASIL, 2016a). Una vez que este curso está estandarizado en el marco del Comando de Preparación (COMPREP), el EsqAe fuente de ese documento, entre los tres Escuadrones del 3º GAV, no altera el contenido del análisis.

Según el PIMO del 1er/3er GAV (BRASIL, 2016a), la parte específica del curso de liderazgo tiene una duración de dos años, dividiéndose en dos programas. En el primer año del curso, el alumno integra el Programa de Elevación Operativa 1 (PEO 1) y volará en la posición de nº 3 en una escuadra de cuatro aeronaves. Este programa comprende catorce misiones evaluadas. En el segundo año de curso,

el alumno pasa a integrar el Programa de Elevación Operativa 2 (PEO 2), en el que volará en la posición de As (líder) en formaciones de dos a cuatro aeronaves. El PEO 2 se compone de 33 misiones evaluadas, totalizando 47 misiones durante todo el CFLEC.

El PIMO también establece que los pilotos iniciarán el PEO 1 tan pronto como realicen las misiones de readaptación en la aeronave A-29. De esta forma, las nuevas Alas Operativas de Caza inician el CFLEC tan pronto se presenten en los EsqAe del 3er GAV y estén readaptados al vuelo.

Todas las misiones del PEO 1 se planean para ser realizadas en el aprovechamiento de las mismas misiones ya previstas para el PEO 2. De esta forma, para el análisis del esfuerzo aéreo destinado al CFLEC, se medirá sólo el consumo destinado al PEO 2, considerando todas las demás aeronaves como soporte, ya que los vuelos del PEO 1 no afectan a la cantidad de surtidos necesarios.

En la Tabla 1 se definió la cantidad de misiones, por fase, del PEO 2, así como el esfuerzo aéreo total de cada fase. A continuación, se presenta la cantidad de misiones anuales previstas en la IOC REL-06B - Evaluación Operativa de las Unidades Aéreas (BRASIL, 2016e), para que el piloto pueda alcanzar un estándar de mantenimiento operacional mínimo previsto. Por último, se presenta una comparación entre el CFLEC y la IOC REL-06B, detallando qué esfuerzo aéreo tiene que ser destinado en cada fase más de lo necesario para el mantenimiento operativo de los pilotos. Esta última columna refleja el esfuerzo aéreo que debe ser destinado exclusivamente al CFLEC, por alumno, sin aprovechamiento en el programa de mantenimiento operativo mínimo previsto en la IOC REL-06B.

Tabla 1 – Misiones y el esfuerzo de aire dirigido a CFLEC.

Fase	CFLEC		IOC REL-06B	Esfuerzo adicional p/ CFLEC	
	Misiones	Horas Totales (Alumno + Soporte)	Misiones Previstas	Misiones	Horas
Graduación	8	27:20	0	8	27:20
Navegación Radio	2	08:00	0	2	08:00
Estante Aire-Solo	4	20:00	3	1	05:00
Combate 1x1	2	04:00	3	0	00:00
Combate 2x1	5	15:00	5	0	00:00
Tiro aéreo	2	08:00	1	1	04:00
Ataque	4	16:00	20	0	00:00
Ap. Aér. Aprox.	2	06:10	2	0	00:00
Escolta	2	12:00	1	1	04:00
Defensa Aérea (44F)	2	04:00	6	0	00:00
TOTAL	33	120:30	-	13	48:20

Fuente: Adaptada de Brasil (2016a, c).

³ Documento en proceso de adaptación a un Estándar de Preparo (NOPREP) de COMPREP, debido a la reestructuración de la FAB.

En atención al OE1, se percibe que anualmente se consumen unas 120 horas de vuelo por cada piloto del PEO 2, de las cuales 48 horas no se aprovechan en el programa de mantenimiento operativo, caracterizándose como misiones exclusivas al CFLEC y demandando esfuerzo aéreo extra a ser gastado por el EsqAe.

4.2 *Flight Lead Upgrade* (FLUG)

Para este curso, se investigó la legislación MCA 503-2 - Cualificación de Pilotos de F-16M (PORTUGAL, 2011), de la Fuerza Aérea de Portugal, país miembro de OTAN. A diferencia de la forma adoptada en Brasil, esta elevación operativa se divide en dos etapas de liderazgo: *Two-Ship Flight Lead Upgrade* (FLUG 2) y *Four-Ship Flight Lead Upgrade* (FLUG 4), lo que equivaldría a un curso para Líder de Elemento y otro para Líder de Escuadrilla.

La MCA 503-2 no adopta un criterio para conclusión del curso, sino para el inicio. Según a este documento, para iniciar FLUG 2, el piloto debe estar operativo en F-16 y tener más de 400 horas de vuelo en esa aeronave. En cuanto al principio de FLUG4, el piloto debe haber completado FLUG 2 y ya cuenta con una experiencia de 200 vuelos de liderazgo de elemento (*Two-Ship Flight Lead*).

Ambos cursos, FLUG 2 y FLUG 4, sólo tienen misiones operacionales, de las cuales incluyen Combate Básico y Avanzado (BFM y ACM), Intercepción Táctica (*Tactical Intercept*), Barrido (*OCA Sweep*), Defensa Aérea (DCA FAOR), Ataque en un contexto de misiones aéreas compuestas (COMAO A/G) y las misiones de Apoyo Aéreo Cercano (*Close Air Support*).

El FLUG 2 se compone de diez misiones, siendo siete aire-aire y tres aire-suelo. El FLUG 4 se compone de seis misiones, siendo cuatro aire-aire y dos aire-suelo. No es posible determinar si las misiones de FLUG 2 pueden ocurrir en beneficio de las salidas ya existentes del FLUG 4 como realizado entre el PEO 1 y PEO2. De esta forma, el análisis de misiones y esfuerzo aéreo extras, diferente del realizado en el ítem 4.1, fue hecho de forma individualizada para cada curso.

Al igual que en el análisis de CFLEC, las Tablas 2 y 3 muestran el número de misiones y esfuerzo aéreo destinados a FLUG 2 y 4 FLUG y la cantidad de misiones anuales que se proporciona en el *Continuation Program* para mantener el entrenamiento de *Combat Ready*⁴, así como comparación entre FLUG y *Continuation Program*, detallando si hay una necesidad de asignar un esfuerzo de aire única para la formación de líderes.

Tabla 2 – Misiones y el esfuerzo de aire dirigidos al FLUG 2.

Fase	FLUG 2		Cont. Program	Esfuerzo adicional p/ FLUG 2	
	Misiones	Horas Totales (Alumno + Soporte)		Misiones Previstas	Misiones
1x1 BFM	1	02:00	2	0	00:00
2x1 ACM	1	03:45	2	0	00:00
Tactical Intercept	1	04:30	2	0	00:00
OCA Sweep	2	18:00	5	0	00:00
DCA FAOR	2	15:00	6	0	00:00
COMAO A/G	2	18:00	11	0	00:00
Close Air Support	1	03:00	7	0	00:00
TOTAL	10	64:15	-	0	00:00

Fuente: Adaptada de Portugal (2011).

Tabla 3 – Misiones y el esfuerzo de aire dirigidos al FLUG 4.

Fase	FLUG 4		Cont. Program	Esfuerzo adicional p/ FLUG 4	
	Misiones	Horas Totales (Alumno + Soporte)		Misiones Previstas	Misiones
COMAO A/G	2	24:00	11	0	00:00
OCA Sweep	2	24:00	5	0	00:00
DCA FAOR	2	27:00	6	0	00:00
TOTAL	6	75:00	-	0	00:00

Fuente: Adaptada de Portugal (2011).

⁴ *Combat Ready*. Calificación en la cual el piloto está habilitado para participar en misiones operativas reales, sin necesidad de entrenamiento adicional en sede antes de ser designado para la misión.

Para el entrenamiento como piloto líder de escuadrilla (*Four-ship Lead*) en este estándar utilizado por OTAN, se tarda alrededor de 140 horas de vuelo totales destinadas al programa de cada alumno. A pesar de la pequeña cantidad de misiones previstas (dieciséis en total), el esfuerzo aéreo asignado se eleva debido a que el escenario de cada misión es más complejo, con hasta diez aeronaves involucradas.

En atención al OE2, los datos revelan que, incluso con ese esfuerzo aéreo elevado, la totalidad de las misiones, tanto del alumno y de los vuelos de soporte, puede aprovecharse plenamente en el programa de mantenimiento operativo de los pilotos, de acuerdo con las misiones ya previstas que tendrán lugar en el *Continuation Program*, no exigiendo, en la práctica, ningún esfuerzo de aire adicional para este curso.

4.3 Proficiencia del piloto para el inicio del CFLEC

Para proporcionar más subsidios al análisis basado en el referencial teórico, teniendo en cuenta la evidente diferencia de experiencia de vuelo de los alumnos al inicio del CFLEC, en comparación con el FLUG, se envió un cuestionario para evaluar el nivel de competencia de los pilotos de los EsqAe del 3er GAV.

Según la interpretación teórica de que un piloto aún en una etapa inicial del aprendizaje demandará más tiempo hasta alcanzar una aptitud que le permita dedicar mecanismos de atención suficientes a la comprensión y análisis del escenario táctico, los resultados de ese cuestionario proporcionaron datos prácticos que corroboran esa teoría, a través del análisis del nivel de competencia de los pilotos al inicio del CFLEC en comparación con el nivel deseable, proporcionando más confiabilidad al análisis teórico.

Este cuestionario contó con la percepción de los pilotos de A-29 experimentados (más de 500 horas), conforme abordado en el ítem 3, sobre el nivel de competencia de los pilotos en dos situaciones distintas: cuando los mismos se presentaban en la UAe para inicio del CFLEC, y sobre cuál sería el nivel real deseado.

En otro momento, se preguntó con qué experiencia de vuelo un piloto alcanzaría ese nivel de competencia deseable.

Para las preguntas, fue considerado un escenario táctico para el cumplimiento de una acción de Ataque, como normalmente se encuentra en un Ejercicio Operativo (BRASIL, 2016c). La competencia a ser evaluada fue dividida en cinco niveles diferentes, definidos por el autor:

a) Nivel 1: una conciencia situacional insuficiente para responder a las amenazas en vuelo. Utilización incorrectas del armamento o con *foul*⁵ que afecte el desempeño de la misión (TVB⁶, *foul* de recuperación, etc.);

b) Nivel 2: conciencia situación reducida, pero el piloto reacciona correctamente al recibir una *Threat Call*⁷. Empleo del armamento está dentro de los límites establecidos, o con *foul* que no afecta el desempeño de la misión (velocidad, eje, etc.);

c) Nivel 3: conciencia situacional satisfactoria. Puede percibir el escenario a través de las *Pictures*⁸ y utiliza las *Threat Calls* para establecer las defensas. Empleo del armamento dentro de los límites establecidos, no hay *foul*;

d) Nivel 4: alta conciencia situacional. Buen entendimiento del escenario a través de las *Pictures*, lo que permite predecir las acciones futuras. La información de la *Threat Call* sirve como una ayuda, pero el piloto no depende de ésta para responder a las amenazas. Empleo del armamento con poca variación de los parámetros de empleo previstos; y

e) Nivel 5: conciencia situacional plena. Comprensión total del escenario a través de *Pictures*. La información de la *Threat Call* afecta poco el entendimiento del escenario. Empleo del armamento con poca o ninguna variación de los parámetros de empleo previstos.

La Tabla 4 representa las respuestas presentadas por los pilotos experimentados sobre el nivel de un piloto recién llegado en el EsqAe, que consecuentemente ya iniciará el CFLEC, así como cuál sería el nivel de competencia deseable para el inicio del curso.

Tabla 4 – Percepción de los pilotos experimentados en la aptitud de los pilotos de Caza de FAB al inicio y el nivel de competencia deseado para CFLEC.

Nivel de Competencia	Al inicio del CFLEC	Deseable para el CFLEC
Level 1	61%	0%
Level 2	35%	26%
Level 3	4%	50%
Level 4	0%	22%
Level 5	0%	2%

Fuente: El autor.

⁵ *Foul*. Fallo en cumplir los límites de los parámetros de empleo previstos al lanzar el armamento.

⁶ Tiempo de Vuelo de la Bomba. Hay un TVB mínimo, generalmente de 4,8 segundos, para permitir que la espoleta de la bomba esté armada solamente a una distancia segura de la aeronave.

⁷ *Threat Call*. Mensaje de radio transmitida al piloto para informar sobre la presencia de una amenaza aérea por debajo de las distancias mínimas establecidas. Generalmente demanda una maniobra evasiva.

⁸ *Picture*. Mensaje de radio que emite, en formato de difusión a todos los pilotos, las posiciones de las aeronaves enemigas, en relación a un punto conocido (*Diana*).

Es importante observar que una cantidad expresiva de los pilotos experimentados (61%) considera que el nivel de competencia de los pilotos de caza al inicio del CFLEC sigue siendo bajo (nivel 1). Aún más, el 74% de los pilotos experimentados consideran que los alumnos del CFLEC deben alcanzar al menos el nivel 3 o mayor antes del inicio del curso.

La Tabla 5 representa la percepción sobre qué experiencia de vuelo debe tener un piloto para alcanzar el nivel de experiencia deseable para el inicio del CFLEC.

Considerando que un piloto se presenta en los EsqAe del 3er GAV con cerca de 100 horas de vuelo en la aeronave A-29 (BRASIL, 2016b), y que realiza una media de 150 horas de vuelo al año en esas UAe, ninguno de los pilotos cuestionados considera que la experiencia de vuelo al final del CEO-CA es suficiente para el inicio del CFLEC. Un total del 70% de estos pilotos considera que el alumno debe estar al menos en el segundo año de la localidad, lo que refleja, en promedio, más de 250 horas en la aeronave.

4.4 Análisis de los datos

De la comparación entre los ítems 4.1 y 4.2, se pudo percibir que el FLUG demanda una cantidad de horas totales superior al CFLEC para la habilitación del piloto como Líder de Escuadrilla. Sin embargo, este esfuerzo aéreo más elevado deriva de la mayor complejidad de las misiones, y no de su cantidad. Mientras que en el total de los FLUG 2 y 4 existen dieciséis misiones evaluadas, con hasta diez aeronaves involucradas en una única misión, el currículo del CFLEC contempla un total de 47 misiones, teniendo una duración bastante superior y complejidad menor en cada instrucción.

En cuanto al consumo de esfuerzo aéreo exclusivo, para cada PEO 2 del CFLEC, son necesarias unas 48 horas destinadas a misiones que no poseen aprovechamiento en el mantenimiento operacional, lo que puede reflejar en hasta 480 horas anuales por EsqAe. Tomando como ejemplo el esfuerzo aéreo anual de los Escuadrones del 3er GAV para el año 2016, que varía entre 1981 y 2120 horas, y que en dicho año cada Escuadrón Aéreo cuenta con nueve pilotos en el PEO 2, sólo ese consumo de horas extras representan un total de 435 horas, lo que corresponde en promedio al 21% del esfuerzo aéreo total

de cada escuadrón. En el FLUG, incluso involucrando una mayor cantidad de esfuerzo aéreo, la totalidad de misiones puede ser aprovechada para mantener la operatividad de los pilotos, correspondiendo a una posibilidad de 0% de asignación de horas de vuelo exclusivas a esa formación.

El modelo de aprendizaje motor de Fitts y Posner (1967) viene a confirmar el motivo del CFLEC demandar una cantidad mayor de misiones para el mismo propósito de FLUG. Incluso con análisis sólo con respecto al FLUG 2, en el que la experiencia de vuelo al final de ambos programas es bastante similar (alrededor de 400 horas), el hecho de que el CFLEC se iniciara con un piloto que concluyó recientemente el curso de caza implica el currículo tiene una cantidad mayor de misiones para que se alcance el mismo producto final. Como resultado, hay poca diferencia cuantitativa de experiencia entre el CFLEC y el FLUG 2 al final del curso, pero existe una diferencia considerable en el camino utilizado para ello.

El resultado del cuestionario enviado a los pilotos experimentados del 3er GAV demostró que los pilotos inician el CFLEC en un nivel por debajo de lo necesario para el curso. Esto justifica la necesidad de más misiones evaluadas, así como la existencia de misiones más básicas, que no tienen previsión en la IOC REL-06B y que no se utilizan para el mantenimiento operativo de los pilotos.

Una vez más, estableciendo un paralelo entre los resultados del cuestionario (nivel 1 de competencia al presentarse en la UAe) con la teoría de aprendizaje de Ausubel, Novak y Hanesian (1983) y el modelo de aprendizaje motor de Fitts y Posner (1967), se percibe que los pilotos del CFLEC, además de dedicarse al aprendizaje del vuelo como líder, aún están en proceso de evolución del aprendizaje en la propia actividad como pilotos de caza. Tal afirmación implica que los conceptos subsunsores necesarios para el aprendizaje del vuelo de liderazgo aún no están adecuadamente incorporados a la estructura cognitiva del alumno al inicio del CFLEC, así como su aptitud motora no permite dirigir una parte significativa de sus mecanismos de atención a los procesos cognitivos necesarios a un vuelo de liderazgo al inicio del curso. En su esencia, para un vuelo como Líder de Escuadrilla o de Elemento, el piloto necesita una evaluación situacional correcta al mismo tiempo que cumple correctamente las acciones de pilotaje inherentes a la misión.

Tabla 5 – Horas de vuelo en A-29 requeridas para alcanzar el nivel de competencia deseado para el inicio de CFLEC.

Horas de vuelo en A-29	Percepción por los pilotos experimentados
100h (al final del CEO-CA)	0%
100 a 250h (en el 1er año en la UAE)	30%
250 a 400h (en el 2o año en la UAE)	37%
400 a 550h (en el 3er año en la UAE)	26%
Más de 550h (a partir del 4º año en la UAE)	7%

Fuente: El autor.

5 CONCLUSIÓN

El presente trabajo de investigación, que tuvo su origen en la experiencia del autor en las actividades aéreas en Escuadrones del 3er GAV, analizó el consumo de horas de vuelo exclusivas al Curso de Formación de Líder de Escuadrilla de Caza actualmente.

Constatando el creciente esfuerzo dirigido al CFLEC, en detrimento de los demás programas de entrenamiento y mantenimiento operativo, este autor se propuso por inquietud a descubrir el real consumo exclusivo de esfuerzo aéreo demandado por CFLEC, principalmente después de haber conocido programas de formación de otras Fuerzas Aéreas.

Así, delineó el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es el consumo de horas de vuelo exclusivas al entrenamiento del líder de Escuadrilla de Caza en el esfuerzo aéreo de los EsqAe del 3er GAV, comparando la metodología del curso de la FAB con la de OTAN)? Con el fin de encontrar la respuesta a esta pregunta, se comenzó el trabajo de investigación documental en las leyes que rigen el curso de liderazgo en la FAB y un país miembro de la OTAN, en el caso de este estudio fue Portugal.

En cumplimiento del Objetivo Específico 1, se constató que el CFLEC posee un total de 47 misiones y consume, en promedio, cerca de 120 horas totales de vuelo por cada alumno del PEO 2. Sin embargo, de ese esfuerzo aéreo total, sólo 72 horas pueden ser aprovechadas para el mantenimiento operativo de los pilotos, de acuerdo con los requisitos mínimos previstos en la IOC REL-06B. Basándose en el esfuerzo aéreo y la cantidad de alumnos de estos EsqAe para el año 2016, las 48 horas exclusivas del CFLEC, por alumno en el PEO 2, representan un consumo medio del 21% (435 horas) de todo el esfuerzo aéreo anual de estos escuadrones.

En el caso del vuelo, de conformidad con el objetivo específico 2, se encontró que el curso, dividido en dos módulos (*Two-Ship Flight Lead Upgrade* y *Four-Ship Flight Lead Upgrade*), tiene un total de dieciséis misiones evaluadas y consume un total de 140 horas de vuelo, esfuerzo aéreo mayor que el dirigido al CFLEC. Sin embargo, todas las misiones FLUG se dirigen a los vuelos operacionales, lo que significa que todo el esfuerzo de aire consumido puede ser utilizado para el mantenimiento operativo como *Combat Ready* de los pilotos de acuerdo con las disposiciones en el *Continuation Program*. Como resultado, el FLUG tiene una influencia del 0% en el esfuerzo aéreo.

Con estos datos y los resultados de los cuestionarios enviados a los pilotos del 3er GAV, se pudo establecer una relación con la teoría de aprendizaje de Ausubel, Novak y Hanesian (1983) y con el modelo de aprendizaje motor de Fitts y Posner (1967). Considerando que el alumno del CFLEC inicie el curso con sólo 100 horas de experiencia en el A-29 (BRASIL, 2016b) y en la Aviación de Caza, en comparación con el FLUG, en el cual el requisito es

poseer como mínimo 400 horas en la aeronave, se concluye que el alumno del CFLEC inicia el curso con un nivel de competencia, es decir, de aprendizaje motor y cognitivo, menor que el alumno del FLUG. Se percibe también que los pilotos del CFLEC, además de dedicarse al aprendizaje del vuelo como líder, aún están en proceso de evolución del aprendizaje como pilotos de caza en sí.

Tal afirmación implica que los conceptos subsunsores necesarios para el aprendizaje del vuelo de liderazgo aún no están adecuadamente incorporados a la estructura cognitiva del alumno al inicio del CFLEC, así como su aptitud motora no permite dirigir una parte significativa de sus mecanismos de atención a los procesos cognitivos necesarios a un vuelo de liderazgo, que en su esencia, necesitan una correcta evaluación situacional al mismo tiempo que cumple correctamente las acciones de pilotaje inherentes a la misión.

Esta conclusión fue corroborada por el resultado del cuestionario sometido a los pilotos experimentados del 3er GAV, en el que el 61% de las respuestas consideraron que el alumno, al inicio del CFLEC, aún estaba en el nivel 1 de competencia (conciencia situacional insuficiente para reaccionar ante las amenazas en vuelo y/o empleo incorrecto de las armas o con *foul* que afecta el desempeño de la misión - TVB, *foul* de recuperación, etc.). Además, un total del 70% de los pilotos experimentados consideró que el alumno debía estar en el segundo año de UAc o más (considerando un promedio de 150 horas de vuelo al año) para el inicio del CFLEC, lo que denota que el requisito actual para comenzar del curso no es adecuado para la necesidad del mismo.

De esta forma, con relación al problema de investigación, se concluye que el CFLEC presenta un consumo de esfuerzo aéreo exclusivo al curso elevado cuando comparado al FLUG, considerando que, en promedio, el 21% del esfuerzo aéreo anual para 2016 de cada Escuadrón no será aprovechado en el mantenimiento operativo de los pilotos. Incluso el FLUG demandando una cantidad mayor de esfuerzo aéreo total para el curso, no hay demanda adicional en el esfuerzo aéreo, pues todas sus misiones pueden ser aprovechadas en el mantenimiento operacional de los pilotos involucrados.

Por último, los resultados aquí obtenidos abren una amplia gama de oportunidades de estudios en el ámbito de la Aviación de Caza, que pueden desarrollarse para una mejora en el CFLEC, tales como estudios sobre las competencias necesarias para un Líder de Escuadrilla de Caza y estudios sobre el desempeño el requisito inicial y el currículo necesario para el curso para maximizar la eficiencia en la utilización de los recursos asignados a los EsqAe, destinando la mayor parte posible del esfuerzo aéreo en misiones que contribuyan más significativamente al mantenimiento operativo de los equipos, de acuerdo con la misión asignada por COMPREP.

REFERENCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo**. México: Trillas, 1983.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Primeiro Esquadrão do Terceiro Grupo de Aviação. ICA 11-59: **Programa de Instrução e Manutenção Operacional do 1º/3º GAV**. Boa Vista, RR, 2016a.

_____. **Relatório de Missão no Exterior - Equador**. Boa Vista, RR, 2015.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Segundo Esquadrão do Quinto Grupo de Aviação. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**. Natal, RN, 2016b.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Terceira Força Aérea. **Ordem de operações do**

exercício operacional BVR 2 / Sabre. Brasília, DF, 2016c.

_____. IOC PRO-11C: **Adestramento das equipagens**. Brasília, DF, 2016d.

_____. IOC REL-06B: **Avaliação operacional das unidades aéreas**. Brasília, DF, 2016e.

FITTS, P. M.; POSNER, M. I. **Human performance**. Belmont: Brooks/Coleman, 1967.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

PORTUGAL. Ministério da Defesa Nacional. **Qualificação de pilotos em F-16M**. MCA 503-2. 2011.

USA. Department of the Air Force. AFI 11-412. **Aircrew management**. Washington, DC, 2009.

PARECERISTAS DAS EDIÇÕES DE 2018/EVALUATORS OF 2018 EDITIONS/DICTAMINADORES DE LAS EDICIONES DE 2018

Adriana Aparecida Marques
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Ana Claudia Miguel Moreira Philippini
Universidade de Buenos Aires (UBA)
Buenos Aires/BA – Argentina

Andrea Costa da Silva
Universidade da Força Aérea (UNIFA)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Antonio Ramalho de Souza Carvalho
Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA)
São José dos Campos/SP – Brasil

Claudia Musa Fay
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)
Porto Alegre/RS – Brasil

Claudio Rodrigues Corrêa
Escola de Guerra Naval (EGN)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Érico Esteves Duarte
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Porto Alegre/RS – Brasil

Eveline Angélica Cunha Rotter
Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Londrina/PR – Brasil

Fernanda das Graças Correa
Escola Superior de Guerra (ESG)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Fernando Antonio Nogueira Galvão da Rocha
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Belo Horizonte/BH – Brasil

Filomena Fontes Ricco
Universidade da Força Aérea (UNIFA)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Francisco Eduardo Alves de Almeida
Escola de Guerra Naval (EGN)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Flávio Neri Hadmann Jasper
Secretaria de Economia e Finanças da Aeronáutica (SEFA)
Brasília/DF – Brasil

Hélio Ricardo Cabral de Moura
Oficina Escola de Lutheria da Amazônia (OELA)
Manaus/AM – Brasil

Hudson Ávila Diniz
Universidade da Força Aérea (UNIFA)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Humberto José Lourenção
Academia da Força Aérea (AFA)
Pirassununga/SP – BRASIL

João Rafael Mallorca Natal
Universidade da Força Aérea (UNIFA)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Luiz Carlos Fumiaki Miwa
Universidade da Força Aérea (UNIFA)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Luiz Paulo da Silva Costa
Universidade da Força Aérea (UNIFA)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Luiz Rogério Franco Goldini
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Marcelo Martins da Silva Costa
Universidade da Força Aérea (UNIFA)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Marcio Rocha
Universidade Federal Fluminense (UFF)
Niterói/RJ – Brasil

Marco Túlio Freire Baptista
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Marcos Aurélio de Oliveira
Academia da Força Aérea (AFA)
Pirassununga/SP – Brasil

Marion Arent
Instituto de Psicologia da Aeronáutica (IPA)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Moacyr Canaves Junior
Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI)
São José dos Campos/SP – Brasil

Nestor Brandão Neto
Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA)
São José dos Campos/SP – Brasil

Newton Hirata
Academia da Força Aérea (AFA)
Pirassununga/SP – Brasil

Paulo Pereira Santos
Universidade da Força Aérea (UNIFA)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Paulo Roberto Batista
Universidade da Força Aérea (UNIFA)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Rodrigo Silveira dos Santos
Universidade da Força Aérea (UNIFA)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Rosângela Barbosa
Universidade da Força Aérea (UNIFA)
Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Simon Skarabone Rodrigues Chiacchio
Instituto de Logística da Aeronáutica (ILA)
Guarulhos/SP – Brasil

Wellington Guilherme da Silva
Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA)
São José dos Campos/SP – Brasil

ORIENTAÇÕES PARA SUBMISSÃO

A Revista da Universidade da Força Aérea é um periódico científico avaliado às cegas por pares e de periodicidade semestral, que tem por finalidade publicar as contribuições sobre estudos do Poder Aeroespacial.

Somente serão aceitas submissões em mídia eletrônica e em Língua Portuguesa.

O processo de submissão é por fluxo contínuo e sua publicação ocorre em junho e dezembro de cada ano.

Para maiores informações com respeito as formatações, quantidade de palavras dos artigos, tipos de artigos aceitos, processo de julgamento de manuscritos, avaliação às cegas por pares, termo de cessão de direitos autorais e outras informações pertinentes para elaboração dos artigos, consulte a norma de publicação no *site* da Revista da UNIFA disponibilizado em: www.fab.mil.br/unifa/revistadaunifa

Para submissão de artigos científicos, envie *e-mail* para o seguinte endereço eletrônico: revistadaunifa@gmail.com

GUIDELINES FOR SUBMISSION

The Journal of the Air Force University is a biannual scientific periodical, blindly reviewed by peers, that aims at publishing the contributions of the Aerospace Power Studies.

Only submissions in electronic media and in Portuguese will be accepted.

The submission process is on a continuous flow basis and its publication takes place in June and December every year.

For more information regarding the formats, the articles' word count, the types of articles accepted, the process of evaluation of manuscripts, the blind peer reviews, the term of copyright transfer and other relevant information to the writing of the articles, please consult the rules for publication available on the Journal of UNIFA's website: www.fab.mil.br/unifa/revistadaunifa

For the submission of scientific articles, please send an e-mail to the following electronic address: revistadaunifa@gmail.com

ORIENTACIONES PARA SUBMISIÓN

La Revista de la Universidad de la Fuerza Aérea es un periódico científico evaluado anónimamente y de periodicidad semestral, que tiene por objetivo publicar las contribuciones sobre estudios del Poder Aeroespacial.

Solamente serán aceptadas sumisiones en medios electrónicos y en el Idioma Portugués.

El proceso de sumisión es por flujo continuo y su publicación ocurre en junio y diciembre de cada año.

Para más informaciones sobre las formatos de texto, cantidad de palabras de los artículos, tipos de artículos aceptados, proceso de juzgamiento de manuscritos, evaluación anónima, termo de cesión de derechos autorales y otras informaciones pertinentes para la elaboración de los artículos, consulte la norma de publicación en el sitio web de la Revista de UNIFA en: www.fab.mil.br/unifa/revistadaunifa

Para sumisión de artículos científicos, envíe un e-mail para el siguiente correo electrónico: revistadaunifa@gmail.com



Portão da Guarda da UNIFA/Guard Gate of UNIFA/Porton de la Guardia de la UNIFA.

UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA (UNIFA)
PRÓ-REITORIA DE APOIO À PESQUISA (PROAPE)
SEÇÃO DE DIVULGAÇÃO DA PRODUÇÃO ACADÊMICA (SDPA)

Av. Marechal Fontenelle, 1000 - Campo dos Afonsos

Rio de Janeiro - RJ

CEP 21740-000

Telefone/Telephone number/Teléfono: +055 21 21572753

Site/Website/Sitio Web: www.fab.mil.br/unifa/revistadaunifa

E-mail/E-mail/Email: revistadaunifa@gmail.com



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA

