

SUBSTITUIÇÃO DA AERONAVE DE INSTRUÇÃO PRIMÁRIA DA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA: UMA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO¹

REPLACEMENT OF THE PRIMARY TRAINING AIRCRAFT OF THE AIR FORCE ACADEMY: AN APPLICATION OF THE MULTICRITERIA ANALYSIS METHOD

David Saraiva Machado²
Luciene Rose Lemes *
Marcelo Silva Oliveira **

RESUMO

A formação do futuro Oficial Aviador da Força Aérea Brasileira é missão exclusiva da Academia da Força Aérea (AFA). A aeronave de instrução primária T-25 Universal é o principal vetor na instrução primária do Cadete Aviador em seu primeiro ano de instrução e vem sendo utilizado, neste contexto, por seguidas décadas. Dado a um aumento no número de panes de material, faz-se necessária uma análise das demais aeronaves de treinamento primário existentes para uma possível substituição do atual vetor de instrução. Desta forma, o objetivo desta pesquisa é avaliar e classificar diferentes aeronaves para substituição do vetor atual de instrução primária da Academia da Força Aérea com base no Método de Análise Multicritério. Como recurso metodológico, a pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva, de caráter quali-quantitativo, utilizando-se de revisão bibliográfica, pesquisa *survey* e técnicas estatísticas para a definição do peso das variáveis relevantes no processo por meio de Métodos de Análise Multicritério, levando em consideração especificações de instrução e manutenção, além de trabalhos sobre o assunto e análise de aeronaves utilizadas atualmente. Espera-se que os resultados proporcionem elementos para apoio à decisão de substituição da atual aeronave de instrução.

Palavras-chave: Análise Multicritério; Apoio à Decisão; Instrução Primária.

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

² Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma Orthrus, 2023).

*Profª. Dra. da Academia da Força Aérea. E-mail: lu.lemes@terra.com.br.

** Prof. Dr. do Instituto Presbiteriano Mackenzie. E-mail: moliver2@gmail.com.

ABSTRACT

The formation of the future Brazilian Air Force Aviator Officer is the exclusive mission of the Air Force Academy (AFA). The primary training aircraft T-25 Universal is the main vector in the primary instruction of the Aviation Cadet in their first year of training and has been used in this context for several decades. Due to an increase in the number of failures related to material, it is necessary to analyze other existing primary training aircraft for a possible replacement of the current instruction vector. Therefore, the objective of this research is to evaluate and rank different aircraft for the replacement of the Air Force Academy's current primary training vector based on the Multicriteria Analysis Method. As a methodological resource, the research is characterized as exploratory and descriptive, of a qualitative-quantitative nature, using bibliographic review, survey research, and statistical techniques to define the weight of the relevant variables in the process through Multicriteria Analysis Methods, taking into account instruction and maintenance specifications, as well as works on the subject and analysis of currently used aircraft. It is expected that the results will provide elements to support the decision to replace the current trainer aircraft.

Keywords: Multicriteria Analysis; Decision Support; Primary Instruction.

INTRODUÇÃO

Localizada no interior do estado de São Paulo, em Pirassununga, a Academia da Força Aérea (AFA), também conhecida pela alcunha de “Ninho das Águias”, é a instituição de ensino da Força Aérea Brasileira (FAB) responsável pela formação de atributos militares, intelectuais e profissionais, além dos padrões éticos, morais, cívicos e sociais de seus cadetes, visando obter ao fim de quatro anos, Oficiais de carreira dos quadros de Aviação, Intendência e de Infantaria da aeronáutica por meio de seus respectivos Cursos de Formação de Oficiais (CFOAV, CFOINT e CFOINF). (BRASIL, 2016).



Figura 1 Vista aérea da Academia da Força Aérea.

Fonte: Academia da Força Aérea (2014).

Uma das atribuições da AFA é a entrega às fileiras da Força Aérea de um contingente anual de pilotos militares com vistas à renovação do efetivo dos mesmos na força. Uma vez que não existe na FAB oficial aviador que não tenha passado pela Academia da Força Aérea, são de vital importância para a manutenção do preparo operacional de instrutores de voo, uma estrutura física de qualidade e a existência de vetores de instrução adequados à realidade da aviação militar no Brasil atual; todos esses aspectos devem ser prioridade para a instrução aérea militar.



Figura 2 *Briefing* (reunião entre instrutor e aluno) anterior a um voo de instrução.

Fonte: Academia da Força Aérea (2014).

A instrução primária é o contato inicial do Cadete aviador com a atividade aérea e, por consequência, balizador de toda atividade operacional ao longo da carreira de oficial da FAB. É realizada, atualmente, no segundo ano da formação e é composta por 33 missões - cada voo de instrução representa uma missão - divididas entre as fases de Pré-solo, Manobras e Acrobacias e Formatura de duas aeronaves - tipo de missão na qual dois aviões voam juntos à curta distância - .(ACADEMIA DA FORÇA AÉREA, 2023) O vetor utilizado para este tipo de instrução, desde o ano de 1971, é a aeronave T-25 UNIVERSAL, concebido pela empresa NEIVA, existindo na AFA 32 unidades disponíveis. (DSM T-25, 2023)

Já a instrução básica tem por objetivo aprimorar a habilidade adquirida no estágio primário, além de preparar o aluno para sua especialização, realizada no ano seguinte em Natal/RN, nas aeronaves H-50 Esquilo, C-95 Bandeirante e EMB-314 Super Tucano. É realizada atualmente no quarto e último ano da formação e é composta de 74 missões divididas entre as fases de Pré-solo, Manobras e Acrobacias, Formatura de duas e quatro aeronaves, Navegação aérea e Voo por Instrumentos. (ACADEMIA DA FORÇA AÉREA, 2023). O vetor utilizado para este tipo de instrução, desde o ano de 1984, é a aeronave EMB – 312 (T-27 Tucano), projetado e fabricado pela empresa EMBRAER, a qual passou recentemente - mais precisamente no ano de 2021 - por um

processo de modernização, recebendo nova aviônica (mais adequada à realidade das aeronaves da FAB) e a denominação de T-27M.

Objeto de estudo deste artigo, a aeronave de treinamento primário atualmente utilizada na AFA é o T-25 UNIVERSAL. Esta aeronave cumpre as especificações da FAB para uma aeronave de treinamento básico por possuir as seguintes características, destacadas em seu Manual de Instrução Técnica (MAITE): monomotor, metálica, biplace lado a lado, com cadeira traseira opcional, duplo comando, asa baixa, trem de pouso triciclo retrátil e empenagem convencional. (ACADEMIA DA FORÇA AÉREA, 2020)



Agência Força Aérea/©Sgt Johnson

Figura 3 Aeronaves T-25 Universal em formatura de 2 aeronaves

Fonte: Agência Força Aérea. Foto de Sgt Jhonson, em São Paulo.

Esta aeronave foi projetada pelo engenheiro industrial Joseph Kovács e produzida na década de 1960 pela Indústria Aeronáutica NEIVA (que mais tarde viria a ser incorporada à EMBRAER) (OLIVEIRA, 2010), tendo seu voo inaugural ocorrido em 1966. Somente em 1971 chegou à Força Aérea as primeiras de uma série de 140 aeronaves, mesmo ano no qual começou a ser utilizada em instrução na AFA. O projeto passou na década de 1980 por um processo de modernização de aviônica, tendo aquelas aeronaves que passaram pelo processo recebido a denominação de T-25C e as que não passaram, T-25 A (MIRANDA, 2019).

O passar dos anos gerou a necessidade de atualização de sua aviônica, pois toda a sua concepção estava baseada em tecnologias da década de 1960. Assim em 1980, abriu-se uma concorrência – vencida pela empresa Aeromot –, que contemplava a modificação da disposição dos instrumentos na cabine de 45 células originando a variante T-25C, dotadas de painel IFR, mais atualizado. (MIRANDA, 2019, p.58-59).

Considerando o exposto acima e com o objetivo de melhorar as condições de instrução no Segundo Esquadrão de Instrução Aérea, esta pesquisa possui o objetivo de avaliar e classificar diferentes aeronaves presentes no mercado para a substituição da atual e se propôs a responder a seguinte pergunta: qual é a melhor opção para a substituição da atual aeronave de instrução primária da Academia da Força Aérea?

A pesquisa foi desenvolvida por meio de um sequenciamento lógico que teve como objetivos específicos: justificar a troca/modernização das aeronaves T-25 a partir de dados de manutenção, aplicar questionários ao efetivo de instrutores e mantenedores da aeronave com vias a obtenção das variáveis presentes nas alternativas e seus respectivos graus de importância para uma aeronave de instrução primária e aplicar o método de análise multicritério para classificar as diferentes aeronaves em relação às variáveis relevantes previamente definidas, apresentando por fim aquela que foi a solução mais próxima à ideal.

Como recurso metodológico, a pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva, de caráter quali-quantitativo, utilizando-se de revisão bibliográfica, pesquisa *survey* e técnicas estatísticas para a definição do peso das variáveis relevantes no processo por meio de Métodos de Análise Multicritério, levando em consideração especificações de instrução e manutenção, além de pesquisas sobre o assunto e análise de aeronaves utilizadas atualmente ou que possam vir a ser utilizadas para a instrução primária.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Para responder aos objetivos desta pesquisa, o referencial teórico abordou os principais aspectos técnicos da aeronave existente e as propostas para modernização e/ou substituição desta aeronave.

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Passados mais de 50 anos desde o primeiro voo de instrução, em 1971, da atual aeronave de instrução primária da Academia da Força Aérea, fica evidente tanto aos mecânicos quanto aos instrutores os efeitos da passagem do tempo em seu desempenho e em seus componentes. (DSM T-25, 2023)

Estudos realizados pelo Departamento de Ciência e Tecnologia da Aeronáutica (DCTA) no ano de 1996, com análise de algumas unidades, já apontavam uma extensão máxima de sua vida útil até o ano de 2020, com potencial para fadiga estrutural da aeronave T-25 após esse período e, no momento não há nenhuma previsão de modernização da frota ou novas aquisições antes de 2025 (MIRANDA, 2019).

Mesmo recebendo adequada manutenção, o T-25 apresenta um perceptível aumento em panes por horas voadas (figuras 6 e 7) devido ao desgaste de seus componentes, o que diminui a disponibilidade de aeronaves entregues pelo Grupo Logístico do T-25 (GLOG T-25) à linha de voo do 2º EIA com o passar dos anos (figura 5) e posiciona o projeto no último terço do gráfico da “Curva da Banheira” marcando, conforme apresentado na figura 4, o possível final de sua vida útil. Aliado a isso, muito embora ainda cumpra a missão para qual foi designada e se adequa às necessidades de instrução primária dos cadetes, apresenta algumas deficiências, principalmente no que se refere à defasagem tecnológica, uma vez que possui instrumentos analógicos e aviônica referente às décadas de 1960 e 1980 (o que vai na direção contrária da realidade das aeronaves presentes na frota da FAB, inclusive o T-27M utilizado na instrução básica) e ao funcionamento de alguns instrumentos de voo, os liquidômetros, por exemplo.

LIQUIDÔMETROS

Fornecem indicações das quantidades de combustível, em litros, existentes nos tanques principais e auxiliares. [...]

ATENÇÃO

Os liquidômetros não têm precisão acurada; assim sendo, as leituras devem ser tomadas como aproximadas. No T-25A, não há nenhuma indicação luminosa da quantidade mínima de gasolina existente. (ACADEMIA DA FORÇA AÉREA, 2020, p. 23)

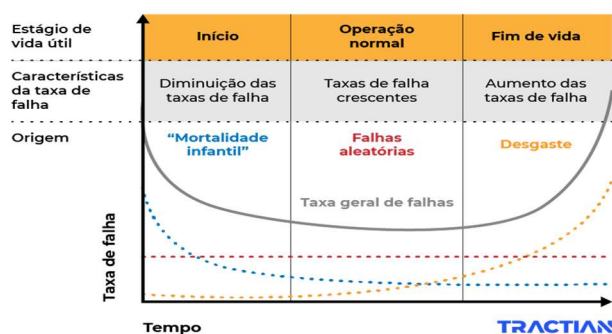


Figura 4 "Curva da Banheira" - Relaciona taxa de falhas em um projeto com o passar do tempo

Fonte: Revista manutenção. Disponível em :

<https://www.revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/manutencao/entenda-o-que-e-curva-da-banheira.html>



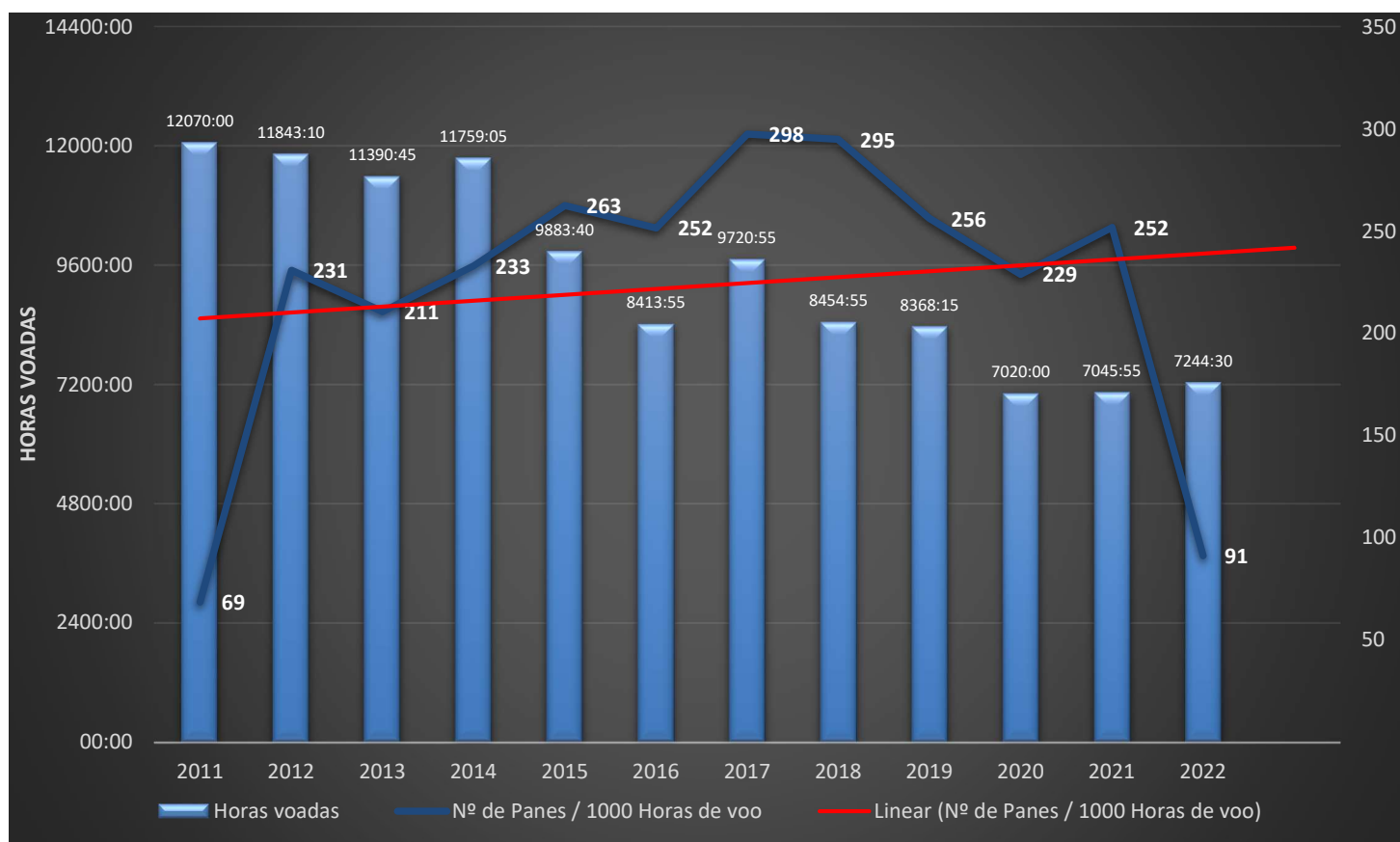
Figura 5 Média da Disponibilidade de aeronaves para o 2º E.I.A

Fonte: Divisão de Suprimento e Material do setor Echo

Ano	Horas voadas	Número de PANE	Nº de Panes / 1000 Horas de voo
2013	11390:45	2400	211
2014	11759:05	2742	233
2015	9883:40	2596	263
2016	8413:55	2117	252
2017	9720:55	2893	298
2018	8454:55	2495	295
2019	8368:15	2145	256
2020	7020:00	1608	229
2021	7045:55	1775	252
2022	7244:30	661	91

Figura 6 Quantidade de panes X Horas voadas entre os anos de 2013 e 2022

Fonte: Divisão de Suprimento e Material do setor Echo

**Figura 7** Gráfico de horas voadas x panes

Fonte: Divisão de Suprimento e Material do setor Echo

Além da sensível queda na disponibilidade no decorrer dos anos, operação da aeronave é perceptível defasagem no quesito aviônica (figuras 8 e 9), existe ainda o fato de que a quantidade

de aeronaves em dotação na AFA vem diminuindo com o passar das décadas mesmo mantendo-se alto o nível de esforço aéreo empregado (ZANUZZI, 2017). Por não ser mais uma aeronave em produção, existe grande dificuldade em se adquirir peças de reposição – comprando-se a preços altos as que são possíveis -, por vezes não restando alternativas a canibalizar - utilizar as peças que interessem de outras aeronaves desativadas ou que ingressam em inspeções - aeronaves que estão no pico de desgaste. Esta prática está longe de ser ideal, justamente por indisponibilizar uma aeronave e conseqüentemente aumentar o esforço aéreo das sobressalentes, porém está prevista em manual.

Essa prática é totalmente inviável, pois acaba indisponibilizando uma aeronave para salvar outra. No entanto, essa é uma prática realizada na FAB segundo o item 36 do Manual de Manutenção Doutrina, Processos e Documentação de Manutenção, o que torna a manutenção mais complexa e por conseqüência impacta negativamente a operação aérea. (ZANUZZI, 2017, p.14).



Figura 8 Cockpit T-25

Fonte: Acervo AFA (2023).



Figura 9 Cockpit T-27M

Fonte: Acervo AFA (2023).

1.2 ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Para a definição das variáveis a serem consideradas na análise, é necessário levar em consideração contribuições de pessoas envolvidas diretamente na área em questão. Para a análise dos resultados obtidos serão utilizados Métodos de Análise Multicritério, também conhecidos como

Auxílios à Decisão Multicritério (AMD), devido a uma de suas características, conforme Costa (2018),

Uma das principais e das mais atraentes características das metodologias de AMD, é que as mesmas reconhecem a subjetividade como inerente aos problemas de decisão e utilizam julgamento de valor como forma de tratá-la cientificamente. (COSTA, 2018, p.13).

Ao possibilitar uma maneira imparcial de tratar as características subjetivas da análise, o método AHP permite a realização de pesquisas sem prejuízo ao seu resultado final por interferência humana. Sua utilização também é recomendada em processos de análise que envolvam duas ou mais alternativas distintas.

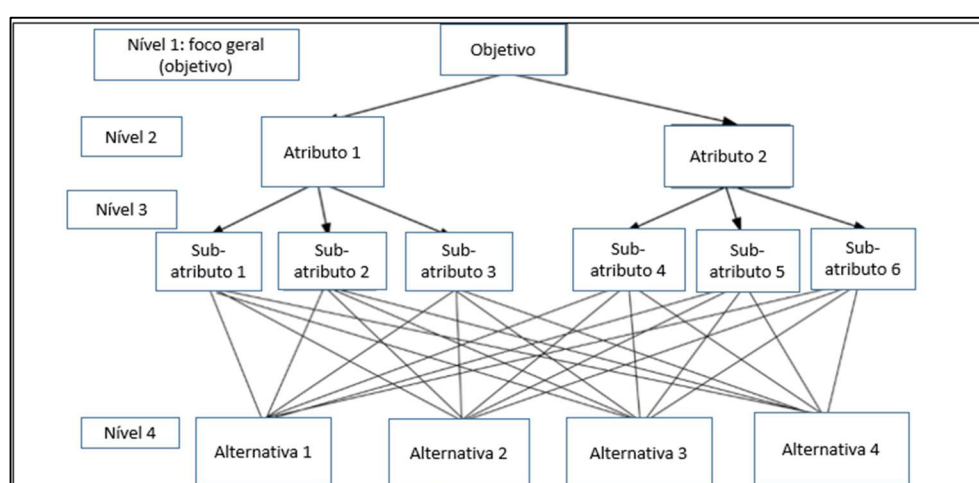


Figura 10 Esquema de Análise AHP

Fonte: Adaptado de MATSUMOTA (2018). Disponível em: <<https://leonardo-matsumota.com/2018/04/20/analytic-hierarchy-process-ahp-metodo-de-apoio-a-decisoes-complexas/>> Acesso em: 04 ago. 2022.

Para a definição da aeronave que melhor substituiria o T-25 dentre as opções apresentadas no artigo, será utilizado, dentro dos AMD, o Método de Análise Hierárquica (*Analytic Hierarchy Process – AHP*). Este método é baseado em três etapas principais: “Construção de hierarquias [...]; Definição de prioridades [...]; e Consistência lógica [...]” (COSTA, 2018, p.16), construindo uma estrutura sólida para a análise que será realizada.

Neste método, definem-se os atributos e variáveis essenciais ao processo, prosseguindo, assim, com a atribuição de cada variável definida como essencial às alternativas levantadas. A alternativa que melhor atender a todas ou à maioria dos atributos levantados, será a escolhida ao final do processo. O esquema de uma análise por Método AHP é mostrado na Figura 10.

A utilização deste método para escolha de aeronaves é bem difundida ao redor do mundo, em algumas ocasiões em conjunto com a Lógica Fuzzy – que consiste em uma maneira de quantificar

incertezas, uma vez que busca atribuir graus para os elementos em questão. É ideal quando a resposta contido ou não contido somente, não satisfaz e busca-se saber o quão contido ou o quão não contido está determinado elemento (AGUADO; CANTANHEDE, 2010).

Assim, o método AHP permite que sejam levadas em consideração as subjetividades inerentes à análise, e a Lógica Fuzzy permite medir o quanto que cada resultado obtido se enquadra dentro das variáveis determinadas.

Dožić e Kalić (2014), tecem alguns comentários sobre a utilização do Método AHP para escolha de aeronaves. Afirmam que por ser relacionada a áreas onde o AHP é utilizado com muito sucesso (seleção de uma alternativa dentre muitas, alocação de recursos e previsões), sua utilização para escolha de aeronaves é recomendada. Quanto a suas technicalidades, afirmam que é compreensível e que sua computação é relativamente fácil quando comparada aos demais além de possibilitar melhorias contínuas no processo. (DOŽIĆ; KALIC, 2014, p.166, tradução nossa)¹.

Um trabalho realizado na Academia da Força Aérea Espanhola no ano de 2014 para substituição de uma de suas aeronaves de instrução pode ser utilizado como exemplo do mencionado acima. Em processos de seleção deste escopo são levadas em consideração: “variáveis quantitativas (teto de serviço, velocidade de estol, resistência, etc.) e variáveis qualitativas (fatores humanos, qualidades de voo e manuseio, etc.)” (DOLÓN-PAYAN; SÀNCHEZ-LOZANO, 2014, p. 58, tradução nossa)²

Como maneira de relacionar as variáveis mencionadas acima, é apresentada a utilização de AMD, além da utilização do Método AHP e da Lógica Fuzzy, onde os autores sugerem a utilização da *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), numa tradução literal, técnica para avaliar o desempenho de alternativas por similaridade à solução ideal, já utilizada na escolha de aeronaves pela Força Aérea Chinesa. Essa técnica funciona conforme descrita na obra de Haldar (2017).

[...] a alternativa escolhida deve ser a mais próxima (geometricamente) do Ponto de Solução Ideal (PSI) e o mais longe possível (geometricamente) do Ponto de Solução Ideal Negativa (PSN). Esse método [...] compara um dado conjunto de escolhas, calculando pesos para cada critério, normalizando valores para cada critério e computando a distância

¹ Some areas where AHP has been successfully employed include selection of one alternative from many, resource allocation, forecasting. Aircraft selection is a process closely connected to these areas; therefore, the use of AHP is reasonable. [...] Also, the AHP approach is employed because its logic is rational and comprehensible, as well as the computation process is relatively easy. [...] By changing one element in the pairwise comparison matrix (while keeping others constant), the process of aircraft type selection is monitored hereby enabling possible improvements.

² [...] including quantitative criteria (service ceiling, stalling speed, endurance, etc.) as well as qualitative criteria (human factors, flying and handling qualities, etc.).

(geométrica) entre cada alternativa e a alternativa ideal, que é o melhor valor em cada critério. (HALDAR, 2017, p.1, tradução nossa)³.

Sendo assim, conforme Dolón-Payan e Sánchez-Lozano (2014), a utilização dos Métodos AHP e TOPSIS em conjunto com a Lógica Fuzzy, pode ser utilizada para definir a eficiência de aeronaves. No estudo, definido o objetivo final, a escolha das variáveis relevantes se deu a partir do objetivo, desenvolvendo critérios para que fosse atendido. Foram levados em consideração nesse processo, parâmetros considerados importantes para a instrução de voo e para o treinador a ser utilizado, com base na aplicação de questionários aos que estão diretamente envolvidos na atividade.

2 MATERIAIS E MÉTODO

Como recurso metodológico, a pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva, de caráter quali-quantitativo, utilizando-se de revisão bibliográfica, pesquisa *survey* e técnicas estatísticas para a definição do peso das variáveis relevantes no processo por meio de Métodos de Análise Multicritério, levando em consideração especificações de instrução e manutenção, além de trabalhos sobre o assunto e análise de aeronaves utilizadas atualmente.

Foram realizados dois questionários, por meio do *google forms*, aplicados aos efetivos de instrução do Segundo Esquadrão de Instrução Aérea e do Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea, além do efetivo de manutenção da Divisão de Suprimento e Material (DSM3) do ano de 2023, sendo respondidos por 15 pessoas cada. Os roteiros dos questionários estão disponíveis no apêndice A da pesquisa.

Após se obter as respostas aos questionários, o peso de cada característica foi definido pelo autor por meio da análise das avaliações obtidas.

2.1 ESCOLHA E ORDENAÇÃO DOS CRITÉRIOS

2.1.1 Apresentação das características

³ [...] the chosen alternative should be closest (geometrically) from the positive ideal solution (PIS) and the farthest (geometrically) from the negative ideal solution (NIS). This method [...] compares a set of given choices by calculating weight for each criterion, normalizing values for each criterion and computing the distance (geometric between each alternative and the ideal alternative, which is the best value in each criterion.

Os critérios foram definidos com base em uma adaptação dos questionários aplicados por Marcelo (2010) aos instrutores da AFA e são comuns às aeronaves de treinamento primário.

Quadro 1 – Definições das variáveis escolhidas

Características	
a. Aeronave de estrutura metálica	Material de que é feita a estrutura da aeronave, podendo ser metálica ou compósito.
b. Razão de subida	Mensurada em pés por minuto, mede a capacidade de subida de uma aeronave.
c. Fator de carga	Quantidade de carga G sustentada pela estrutura da aeronave.
d. Aeronave asa baixa	Configuração de asas de uma aeronave, podendo ser baixa, média ou alta.
e. Teto de serviço	Altitude na qual a aeronave consegue manter uma razão de subida máxima de até 100 pés.
f. Disposição dos assentos lado a lado	Forma como os assentos dos tripulantes estão dispostos na nacele, podendo ser lado a lado ou em <i>tandem</i> (um assento em frente ao outro)
g. Velocidade máxima	Velocidade máxima empregada pela aeronave.
h. Trem de pouso retrátil	Capacidade de uma aeronave recolher seu trem de pouso, podendo ser fixo ou retrátil.
i. Capacidade de voo IFR	Capacidade de uma aeronave de realizar voos sob regras de voo por instrumentos.
j. Relação peso-potência	Razão entre o peso da aeronave e a potência máxima de ser motor.
k. Paraquedas balístico.	Item de segurança que permite o acionamento de um paraquedas para a aeronave em caso de pane.
l. Ar condicionado	Presença ou não na aeronave.
m. Hélice de passo variável	Capacidade da hélice da aeronave de variar seu passo durante o voo.
n. Coluna de comando tipo bastão (<i>stick</i>).	Configuração do manche de aeronave, podendo ser <i>stick</i> , <i>yoke</i> ou <i>sidestick</i> .
o. Configuração de motorização tratora	Posição do motor na aeronave, podendo ser tratora (à frente) ou <i>pusher</i> (atrás).

Fonte: Elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa

2.1.2 Definição de pesos aos critérios

Tendo em vista as características escolhidas, foi solicitado aos instrutores que os graduassem de 1 a 5 – sendo 1 pouco importante e 5 muito importante – quanto ao grau de importância para uma aeronave de instrução primária.

Após o tratamento dos resultados, foram então realizadas as comparações par-a-par preconizadas pelo método AHP. Para tanto, gerou-se uma matriz de ordem n onde n corresponde ao número de critérios avaliados, conforme a figura 11.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & 1 & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{3n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Figura 11 Matriz de julgamentos genérica

Fonte: MEIER, T.M.; MORI, R.B.Z., 2021

Assim, para a elaboração da matriz de julgamento será necessário realizar $n*(n-1)/2$ comparações paritárias, uma vez que é recíproca, isto é, se o critério 1 possui importância a_{12} sobre o critério 2, então 2 terá importância de $1/a_{12}$ sobre 1.

Ao se avaliarem as respostas, foi possível inferir que a característica “B” (razão de subida) foi considerada a mais importante com 50 pontos de 75 possíveis e a característica “K” (para-quedas balístico) foi considerada a menos importante com 30 pontos de 75 possíveis, tendo as demais se posicionado de forma ordenada dentro destes valores.

Os valores para julgamento das comparações paritárias dos critérios foram então definidos com base na escala fundamental de Saaty (quadro 2), tendo em mente a diferença de pontos adquiridos por cada característica obtidos nas respostas dos questionários por parte dos instrutores.

A matriz obtida com os julgamentos pode ser visualizada na figura 12.

Quadro 2 – Escala Fundamental de SAATY

1	Igual Importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma para a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições.

Fonte: Saaty (1990)

Troca do projeto T-25	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
a. Aeronave de estrutura metálica	1,000	0,111	0,125	0,125	0,333	0,125	1,000	0,333	0,125	0,143	3,000	0,200	0,333	0,143	0,167
b. Razão de subida	9,000	1,000	2,000	3,000	6,000	2,000	8,000	6,000	3,000	3,000	9,000	4,000	6,000	3,000	3,000
c. Fator de carga	8,000	0,500	1,000	2,000	6,000	2,000	7,000	6,000	2,000	2,000	9,000	3,000	5,000	2,000	3,000
d. Aeronave asa baixa	8,000	0,333	0,500	1,000	5,000	0,500	6,000	5,000	1,000	2,000	8,000	2,000	4,000	2,000	2,000
e. Teto de serviço	3,000	0,167	0,167	0,200	1,000	0,200	2,000	1,000	0,200	0,250	3,000	0,500	0,500	0,250	0,333
f. Disposição dos assentos lado a lado	8,000	0,500	0,500	2,000	5,000	1,000	7,000	5,000	2,000	2,000	8,000	3,000	5,000	2,000	2,000
g. Velocidade máxima	1,000	0,125	0,143	0,167	0,500	0,143	1,000	0,500	0,167	0,167	2,000	0,250	0,500	0,167	0,250
h. Trem de pouso retrátil	3,000	0,167	0,167	0,200	1,000	0,200	2,000	1,000	0,200	0,250	3,000	0,500	0,500	0,250	0,333
i. Capacidade de voo IFR	8,000	0,333	0,500	1,000	5,000	0,500	6,000	5,000	1,000	2,000	8,000	2,000	4,000	2,000	2,000
j. Relação peso-potência	7,000	0,333	0,500	0,500	4,000	0,500	6,000	4,000	0,500	1,000	8,000	2,000	4,000	1,000	2,000
k. Para-quedas balístico.	0,333	0,111	0,111	0,125	0,333	0,125	0,500	0,333	0,125	0,125	1,000	0,125	0,250	0,125	0,167
l. Ar condicionado	5,000	0,250	0,333	0,500	2,000	0,333	4,000	2,000	0,500	0,500	8,000	1,000	2,000	0,500	2,000
m. Hélice de passo ajustável	3,000	0,167	0,200	0,250	2,000	0,200	2,000	2,000	0,250	0,250	4,000	0,500	1,000	0,250	0,500
n. Coluna de comando tipo bastão (stick).	7,000	0,333	0,500	0,500	4,000	0,500	6,000	4,000	0,500	1,000	8,000	2,000	4,000	1,000	2,000
o. Configuração de motorização tratora	6,000	0,333	0,333	0,500	3,000	0,500	4,000	3,000	0,500	0,500	6,000	0,500	2,000	0,500	1,000

Figura 12 – Matriz de Julgamentos das características da pesquisa

Fonte: Elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa

Ao se realizar todas as comparações par-a-par preconizadas pelo método, obteve-se o vetor prioridade (grau de importância) dos mesmos, estando o resultado presente no quadro 3.

Quadro 3 – Nível de prioridade das características

Características	Nível de prioridade
a. Aeronave de estrutura metálica	1,3%
b. Razão de subida	18,0%
c. Fator de carga	13,8%
d. Aeronave asa baixa	9,5%
e. Teto de serviço	2,3%
f. Disposição dos assentos lado a lado	11,8%
g. Velocidade máxima	1,5%
h. Trem de pouso retrátil	2,3%
i. Capacidade de voo IFR	9,5%
j. Relação peso-potência	7,7%
k. Paraquedas balístico.	1,0%
l. Ar condicionado	5,3%
m. Hélice de passo variável	2,9%
n. Coluna de comando tipo bastão (stick).	7,7%
o. Configuração de motorização tratora	5,3%
Total: 100%	

Fonte: Elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa

2.2 CÁLCULO DE CONSISTÊNCIA DOS JULGAMENTOS

O ser humano possui capacidade de realizar julgamentos e estabelecer relações lógicas de forma consistente. No entanto, segundo Marins et al. (2009), à medida que aumenta a quantidade de

variáveis a serem analisadas, a probabilidade de surgimento de inconsistências nestes julgamentos cresce igualmente.

Um exemplo desta consistência é perceber que, se o critério A é mais importante que B e B mais importante que C, então, o critério A deve ser mais importante que C.

A fim de encontrar inconsistências nos julgamentos paritários, o AHP estabelece dois parâmetros a serem observados. O primeiro é o Índice de Consistência (IC) que, após a normalização da matriz, pode ser calculado em $IC = \lambda_{max} - n / (n - 1)$, onde λ_{max} é o autovalor máximo da matriz de julgamentos de ordem n.

O segundo é a razão de consistência (RC), resultante da razão entre o IC e o Índice de Consistência Aleatória (IR) por meio da equação $RC = IC / IR$. Os valores de IR para matrizes de diferentes ordens (n) estão apresentadas na figura 13.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Figura 13 - Índice Randômico Médio do AHP.

Fonte: Saaty (1990)

Segundo Vargas (2010), para que uma matriz seja considerada consistente, é necessário que o RC assuma valores abaixo de 0,1.

No caso desta pesquisa, ao se calcular o RC, chegou-se ao valor de 0,02825. O valor está abaixo de 0,1 e, portanto, os julgamentos possuem consistência lógica.

2.3 ALTERNATIVAS PROPOSTAS

Mantendo-se em mente as especificações propostas pelo Comando da Aeronáutica (COMAER): monomotor, metálica, *biplace* lado a lado, com cadeira traseira opcional, duplo comando, asa baixa, trem de pouso triciclo retrátil e empenagem convencional (BRASIL, 2015), foram selecionadas quatro aeronaves já utilizadas atualmente para instrução ou aeronaves de categoria *light sport* que poderiam ser utilizadas para a instrução primária dos cadetes.

De forma a transpassar a barreira da defasagem tecnológica, todas as aeronaves selecionadas possuem *glass cockpit* com recursos aviônicos semelhantes ao que se tem na aeronave T-27 após sua modernização.

As características das alternativas foram então comparadas par-a-par entre si e com o treinador T-25, para controle, conforme preconiza o AHP, buscando proporcionar informações de apoio à decisão de substituição nos escalões competentes para tal.

As tabelas 1, 2, 3 e 4, bem como um breve texto introdutório apresentam as alternativas.

2.3.1 NOVAER T-XC Peregrino (SOVI)



Figura 14

Fonte: Novaer

Única das alternativas produzida no Brasil, o projeto foi apresentado no salão internacional de Paris em 15 de junho de 2009, tendo o seu voo inaugural ocorrido em 22 de agosto de 2014 e sendo rebatizado como “SOVI” após concurso cultural realizado na AFA em dezembro desse mesmo ano.

O projeto foi concebido por Joseph Kovács, o mesmo projetista das aeronaves T-27 e T-25, reconhecidas por serem sucessos da indústria brasileira.

O TX-C é construído em fibra de carbono e possui aviônica de última geração, também de fabricação nacional, sendo composta por três monitores de LCD posicionados um a frente de cada tripulante e um centralizado. Possui como opcional paraquedas balístico, fato que muito agrega na segurança de sua operação.

A motorização pode ser tanto à pistão, quanto turboélice, com o projeto de, no caso de a motorização à pistão ser a escolhida, esta ter a característica *flex*, podendo ser abastecida tanto por AVGAS quanto por etanol.

Foi produzido apenas um protótipo do modelo, tendo este sido levado para os Emirados Árabes Unidos pela empresa Callidus por ocasião do 2017 Dubai *Airshow*. Não há informações de que a aeronave tenha retornado do Oriente Médio.

Tabela 1 - Dados das aeronaves Neiva T-25C Universal e Novaer Craft TX-C MODIFICADO.

Aeronave	Neiva T-25-C Universal	Novaer Craft TX-C Peregrino
Motor	Lycoming IO-540 K1D5 de 300hp	Lycoming AEIO-580 de 315hp
Hélice	Hartzell bipá (vel. Constante)	Metálica tripa
Peso vazio	1.200 kg	810 kg

Peso máximo de decolagem	1.700 kg	1.140 kg
Envergadura	11 m	9.14 m
Comprimento	8.6 m	8,33 m
Altura	3 m	2.77 m
Superfície alar	17.2 m ²	12.46 m ²
Capacidade de combustível	342 l	257 l
Carga alar	100 kg/m ²	91.5 kg/m ²
Carga de potência	5.7 kg/hp	3.8 kg/hp
Velocidade máxima	311 km/h	376 km/h
Velocidade de Cruzeiro (55%)	241 km/h	-
Velocidade de Cruzeiro (75%)	285 km/h	333.4 km/h
Velocidade de Estol	111 km/h/ com 60o flape	102 km/h / liso
Razão de subida	1.050 pés/minuto - MSL	2.665 pés/minuto - MSL
Teto de serviço	15,000 ft	21,610 ft
Alcance máximo	1.500 km	1.443 km
Distância de decolagem	650 m	227 m
Distância de pouso	760 m	-
Fator de carga	+6/-3	+6/-3

Fonte: Elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa

2.3.2 JMB VL3 (915iS)



Figura 15

Fonte: JMB Aircraft

Aeronave Produzida pela empresa JMB Aircraft da República Tcheca, é uma aeronave leve, monomotor, de asa baixa e alto desempenho. Ela é projetada para atender às necessidades dos pilotos que buscam uma aeronave rápida, eficiente e confortável.

O VL3 apresenta um design aerodinâmico e moderno. A construção da aeronave é predominantemente em fibra de carbono, o que resulta em uma estrutura leve e resistente.

Uma das principais características do VL3 é a sua velocidade. Equipado com um motor Rotax de última geração, pode atingir velocidades de cruzeiro de até 330 km/h, o que o torna um dos aviões

leves mais rápidos do mercado. Além disso, possui uma excelente relação de subida e capacidade de manobra.

A aeronave conta com dois lugares, lado a lado. A cabine é projetada com visibilidade panorâmica através do para-brisa e das janelas laterais, proporcionando uma excelente vista para os ocupantes, o que auxilia na instrução.

Em termos de aviônica, o VL3 está equipado com um painel de instrumentos avançado, que inclui displays digitais e sistemas de navegação modernos. Isso permite uma fácil leitura e interpretação das informações de voo, bem como a integração com tecnologias de comunicação e navegação. No campo segurança, a aeronave possui um sistema de paraquedas balístico.

Tabela 2 - Dados das aeronaves Neiva T-25C Universal e JMB VL3(915Is)

Aeronave	Neiva T-25-C Universal	JMB VL3(915Is)
Motor	Lycoming IO-540 K1D5 de 300hp	Rotax 915Is de 142hp
Hélice	Hartzell bipá (vel. Constante)	Woodcomp Metálica tripa
Peso vazio	1.200 kg	340 kg
Peso máximo de decolagem	1.700 kg	680 kg
Envergadura	11 m	8.44 m
Comprimento	8.6 m	6.24 m
Altura	3 m	2.05 m
Superfície alar	17.2 m ²	9,77 m ²
Capacidade de combustível	342 l	140 l
Carga alar	100 kg/m ²	69,3 kg/m ²
Carga de potência	5.7 kg/hp	4.22 kg/hp
Velocidade máxima	311 km/h	370 km/h
Velocidade de Cruzeiro (55%)	241 km/h	-
Velocidade de Cruzeiro (75%)	285 km/h	315 km/h
Velocidade de Estol	111 km/h/ com 60° de flape	96 km/h / <i>flaps full</i>
Razão de subida	1.050 pés/minuto - MSL	2.280 pés/minuto - MSL
Teto de serviço	15,000 ft	18,000 ft
Alcance máximo	1.500 km	1.443 km
Distância de decolagem	650 m	175 m
Distância de pouso	760 m	175 m
Fator de carga	+6/-3	+5/-2,5

Fonte: Elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa

2.3.3 CIRRUS TRAC 22



Figura 16

Fonte: Cirrus Aircraft

A aeronave Cirrus Trac 22 é uma versão de instrução da aeronave Cirrus SR22, sendo ambas produzidas pela empresa norte-americana Cirrus Aircraft. É um modelo de aeronave leve, monomotor de asa baixa, trem de pouso triciclo fixo e capacidade para até cinco ocupantes, incluindo o piloto. É uma aeronave de alta performance projetada para atender às necessidades de escolas de aviação.

A aeronave é construída principalmente com materiais compostos, como fibra de carbono, o que resulta em uma estrutura leve e resistente. Além disso, possui um sistema de paraquedas balístico de aeronave inteira, conhecido como CAPS (Cirrus Airframe Parachute System), que pode ser acionado em situações de emergência para trazer a aeronave e seus ocupantes em segurança ao solo.

No que diz respeito ao desempenho, o Cirrus Trac 22 é equipado com um motor de pistão de alta potência e eficiência Continental IO-550. A aeronave possui uma velocidade de cruzeiro que varia entre 185 e 215 nós (aproximadamente 343 a 398 km/h) e um alcance de voo de cerca de 1.000 a 1.200 milhas náuticas (aproximadamente 1.850 a 2.220 km), dependendo da configuração e do modelo específico.

A aeronave é equipada com uma *avionics suite* de última geração, composta pelo sistema Garmin G1000 NXi, que fornece informações de voo em tempo real, navegação por satélite, comunicações e recursos de segurança avançados.

Além disso, o Cirrus Trac 22 oferece recursos modernos de segurança, como o sistema de aviso de aproximação de estol (eTAWS), alerta de tráfego (TCAS) e sistemas de prevenção de colisão (TCAS). Esses recursos ajudam a aumentar a consciência situacional do piloto e garantir a segurança durante o voo.

A aeronave é um case de sucesso para a instrução aérea, sendo utilizada tanto no âmbito civil como para treinamento dos pilotos das empresas aéreas *Emirates* e *Lufthansa*, quanto no âmbito militar, sendo utilizado por militares da Força Aérea Americana (*USAF*) e da Força Aérea Francesa (*Armée De L'air*).

Tabela 3 - Dados das aeronaves Neiva T-25C Universal e CIRRUS TRAC 22

Aeronave	Neiva T-25-C Universal	CIRRUS TRAC 22
Motor	Lycoming IO-540 K1D5 de 300hp	Continental IO-550-N de 310 HP
Hélice	Hartzell bipá (vel. Constante)	Hartzell tripá
Peso vazio	1.200 kg	1,029 kg
Peso máximo de decolagem	1.700 kg	1,633 kg
Envergadura	11 m	11.68 m
Comprimento	8.6 m	7.92 m
Altura	3 m	2.72 m
Superfície alar	17.2 m ²	11.5 m ²
Capacidade de combustível	342 l	348 l
Carga alar	100 kg/m ²	65.2 kg/m ²
Carga de potência	5.7 kg/hp	5.26 kg/hp
Velocidade máxima	311 km/h	282 km/h
Velocidade de Cruzeiro (55%)	241 km/h	339 km/h
Velocidade de Cruzeiro (75%)	285 km/h	-
Velocidade de Estol	111 km/h/ com 60° flape	110 km/h / <i>full flaps</i>
Razão de subida	1.050 ft/min - MSL	1.270 ft/min
Teto de serviço	15.000 ft	17.500 ft
Alcance máximo	1.500 km	1,943 km
Distância de decolagem	650 m	330 m
Distância de pouso	760 m	650 m
Fator de carga	+6/-3	+3,8/-1,9

Fonte: Elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa

2.3.4 Sport Cruiser by Cruiser Aircraft



Figura 17

Fonte: Cruiser Aircraft

A aeronave *Sport Cruiser*, é um modelo de aeronave leve produzida pela empresa Cruiser Aircraft. A Cruiser Aircraft é uma fabricante tcheca especializada em aeronaves leves de alta qualidade.

O Sport Cruiser é um avião monomotor de dois lugares, lado a lado, construído em uma configuração de asa baixa e com trem de pouso triciclo fixo. Possui estrutura em grande parte metálica, como o T-25.

O Sport Cruiser é equipado com um motor de pistão Rotax 912, essa motorização permite que a aeronave alcance velocidades de cruzeiro de aproximadamente 115 a 120 nós (aproximadamente 213 a 222 km/h) e tenha um alcance de voo de cerca de 600 a 800 milhas náuticas (aproximadamente 1.110 a 1.480 km), dependendo da configuração e das condições de voo.

A cabine do Sport Cruiser é projetada para oferecer conforto aos dois ocupantes. Possui assentos ergonômicos, uma ampla visibilidade panorâmica e controles intuitivos. A aeronave é equipada com aviônica moderna, a aeronave possui avançados sistemas de aviônica, incluindo um painel de instrumentos digital e sistemas de navegação modernos.

Em resumo, o Sport Cruiser da Cruiser Aircraft é uma aeronave leve monomotor com design moderno, construção de alta qualidade e desempenho eficiente. É uma opção popular para pilotos que buscam uma aeronave leve, ágil e confortável para voos recreativos, treinamento de pilotos ou viagens curtas.

É, como a alternativa anterior, uma aeronave já consolidada para treinamento de pilotos sendo utilizada, segundo a empresa, em 23 escolas de aviação em 7 países entre Europa e América do Norte.

Tabela 4 - Dados das aeronaves Neiva T-25C Universal e Sport Cruiser

Aeronave	Neiva T-25-C Universal	Sport Cruiser
----------	------------------------	---------------

Motor	Lycoming IO-540 K1D5 de 300 hp	Rotax 912 ULS de 100 hp
Hélice	Hartzell bipá (vel. Constante)	Tripá metálica
Peso vazio	1.200 kg	348 kg
Peso máximo de decolagem	1.700 kg	600 kg
Envergadura	11 m	8.5 m
Comprimento	8.6 m	6.56 m
Altura	3 m	2.49 m
Superfície alar	17.2 m ²	10.5 m ²
Capacidade de combustível	342 l	120 l
Carga alar	100 kg/m ²	57.14 kg/m ²
Carga de potência	5.7 kg/hp	6 kg/hp
Velocidade máxima	311 km/h	225 km/h
Velocidade de Cruzeiro (55%)	241 km/h	190 km/h
Velocidade de Cruzeiro (75%)	285 km/h	210 km/h
Velocidade de Estol	111 km/h (com 60° flap)	68 km/h (com flaps)
Razão de subida	1.050 pés/minuto - MSL	1.000 ft/min (MTOW)
Teto de serviço	15,000 ft	14,378 ft
Alcance máximo	1.500 km	1.016 km
Distância de decolagem	650 m	141 m (MTOW, sem vento)
Distância de pouso	760 m	362 m (MTOW, sem vento)
Fator de carga	+6/-3	+4/-2

Fonte: Elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa

2.4 CÁLCULO DA PRIORIDADE DAS ALTERNATIVAS

Após a definição da prioridade dos critérios e das alternativas ao T-25 o processo foi repetido para cada um dos critérios a fim de que se avaliasse, dentro de cada um desses, a prioridade de cada alternativa.

Vale ressaltar as características comuns a todas alternativas, quais foram: asa baixa, disposição de assentos lado-a-lado, hélice de passo variável e configuração de motorização tratora. Esses itens durante o processo de avaliação pontuaram igualmente para todas as alternativas, criando matrizes identidade.

Ao fim desse processo, realizou-se o cômputo, conforme preconiza o método de média entre as prioridades, obtendo-se o vetor prioridade geral, presente no quadro 5.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 SOBRE O VETOR ATUAL

A manutenção é um aspecto fundamental para garantir a segurança operacional de aeronaves. É necessário que as aeronaves estejam sempre em boas condições para voar, por isso é importante monitorar a frequência de reparos realizados pelas especialidades de mecânicos.

Ao se avaliar as figuras 5 e 7, respectivamente o gráfico de disponibilidade de aeronaves para o 2º Esquadrão de Instrução Aérea e a incidência de panes nas aeronaves ao longo dos anos, esperava-se obter uma taxa de reparos alta.

3- Qual a frequência de ocorrência de reparos em sua especialidade nos T-25?

15 respostas

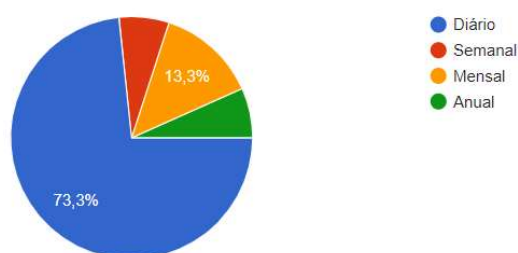


Gráfico 1: Qual a frequência de ocorrência de reparos em sua especialidade nos T-25?

Fonte: Elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa

Os dados corroboraram com o esperado e mostraram que a taxa de reparos diários, por exemplo, é tão alta que beira os 75%.

Os mantenedores foram questionados ainda sobre os fatores que influenciam a baixa disponibilidade das aeronaves. Duas respostas se destacaram: a falta de mão de obra e a indisponibilidade de peças de reposição em estoque. Esses fatores são fundamentais para a manutenção adequada das aeronaves e podem, junto a condições não ideais de instalações de manutenção, ferramentas e seções auxiliares, comprometer seriamente sua disponibilidade.

Por outro lado, um dado interessante foi levantado pelos mantenedores quando questionados sobre a fadiga estrutural da aeronave. Eles afirmaram que, com a manutenção adequada, a célula da aeronave pode ser voada por mais 20.000 horas. Isso indica que, apesar de haver fatores que influenciam negativamente a manutenção das aeronaves, a célula da aeronave em si não é um desses

fatores. Muito por isso, ao serem questionados sobre a troca do atual vetor ser a solução ideal para a baixa disponibilidade de aeronaves, a maioria esmagadora dos entrevistados informou não ser.

7- O senhor acredita que a troca dos T-25 por outra aeronave seria o ideal para a solução da falta de indisponibilidade?

15 respostas

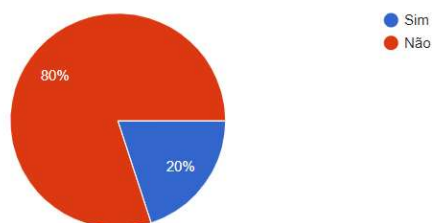


Gráfico 2: O senhor acredita que a troca dos T-25 por outra aeronave seria o ideal para a solução da falta de indisponibilidade?

Fonte: Elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa

Essa informação é relevante para a gestão da manutenção das aeronaves no 2º Esquadrão de Instrução Aérea, pois pode ajudar a direcionar os recursos de manutenção para as áreas em que são realmente necessários. Além disso, pode ser um fator importante a ser considerado no momento de decidir sobre a substituição ou modernização das aeronaves, já que a célula da aeronave ainda pode ter uma vida útil considerável.

Entretanto, a partir das respostas dos instrutores na pesquisa vemos um panorama diferente. Pode-se notar uma insatisfação de grande parte dos entrevistados com relação à tecnologia embarcada nas aeronaves do 2º Esquadrão de Instrução Aérea. Os instrutores apontam a obsolescência dos equipamentos de navegação como um dos principais problemas, o que pode comprometer a formação dos cadetes e tornar a aeronave menos confiável e segura.

1- Tendo em vista a mudança da tecnologia embarcada nas aeronaves operacionais nestas últimas décadas, o senhor acha o T-25 uma aeronave adequada para a instrução nos próximos 10 anos?

14 respostas

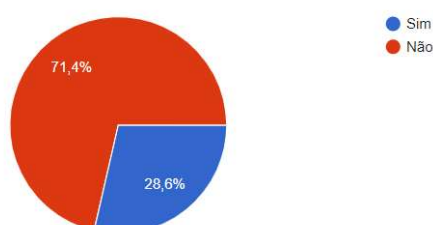


Gráfico 3: Tendo em vista a mudança da tecnologia embarcada nas aeronaves operacionais nestas últimas décadas, o senhor acha o T-25 uma aeronave adequada para a instrução nos próximos 10 anos?

Fonte: Elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa

Alguns dos instrutores destacam que outras aeronaves operacionais da FAB já dispõem de sistemas de navegação mais modernos e precisos, o que torna o T-25 menos atrativo como plataforma de treinamento para o horizonte dos próximos 10 anos. Além disso, a falta de confiabilidade em alguns instrumentos pode tornar o avião menos seguro em situações de voo em rota, seja visual ou por instrumentos.

Outra questão levantada pelos instrutores é o peso da aeronave em relação à sua motorização, o que pode comprometer a relação peso-potência e limitar sua capacidade de desempenho em manobras e operações específicas.

Portanto, a modernização da tecnologia embarcada e a busca por alternativas mais leves e eficientes podem ser medidas necessárias para tornar a plataforma de treinamento do 2º Esquadrão de Instrução Aérea mais adequada às demandas do futuro.

3.2 SOBRE UMA MODERNIZAÇÃO

É válido pontuar ainda que tendo em vista a opinião dos instrutores, seria mais interessante modernizar a aeronave atual, como mostra a figura abaixo.

4- "Não é necessário trocar os T-25, bastaria que as aeronaves passassem por um processo de modernização aos moldes do T-27M." O senhor concorda ou discorda desta afirmação?
14 respostas

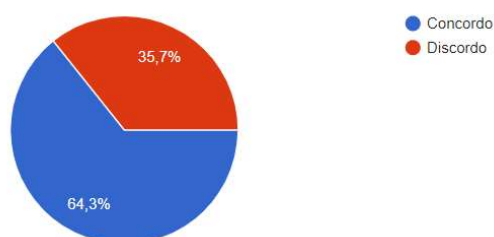


Gráfico 4: “Não é necessário trocar os T-25, bastaria que as aeronaves passassem por um processo de modernização aos moldes do T-27M.” O senhor concorda ou discorda desta afirmação?

Fonte: Elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa

É importante ressaltar que, por não haver como se estabelecer os novos valores de referência que teria a aeronave modernizada, a mesma não foi incluída na lista de opções de possíveis novos vetores, utilizando-se apenas a atual como parâmetro.

3.3 MELHOR ALTERNATIVA SEGUNDO O MÉTODO

Após a realização de todos os cálculos preconizados pelo método, representados pela matriz presente no quadro 5, obteve-se a seguinte ordem de prioridades para uma possível troca da aeronave T-25 (quadro 4).

Quadro 4 – Matriz final de prioridades das alternativas

Troca do projeto T-25	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	Prioridades
Prioridade das características	0,013	0,180	0,138	0,095	0,023	0,118	0,015	0,023	0,095	0,077	0,010	0,053	0,029	0,077	0,053	-
T-XC	0,048	0,519	0,348	0,200	0,523	0,200	0,371	0,310	0,243	0,539	0,310	0,243	0,200	0,243	0,200	0,325
VL-3	0,048	0,277	0,186	0,200	0,243	0,200	0,371	0,310	0,243	0,262	0,310	0,243	0,200	0,243	0,200	0,232
TRAC 22	0,048	0,115	0,045	0,200	0,144	0,200	0,082	0,034	0,243	0,096	0,310	0,243	0,200	0,027	0,200	0,141
SPORT CRUISER	0,429	0,045	0,073	0,200	0,038	0,200	0,032	0,034	0,243	0,041	0,034	0,243	0,200	0,243	0,200	0,143
T-25	0,429	0,045	0,348	0,200	0,053	0,200	0,143	0,310	0,027	0,062	0,034	0,027	0,200	0,243	0,200	0,159

Fonte: Elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa

Quadro 5 – Prioridade final das aeronaves

Posição	Aeronave	Prioridade
1°	T-XC	32,54%
2°	VL3 (915iS)	23,16%
3°	T-25	15,91%
4°	Sport Cruiser	14,32%
5°	Cirrus TRAC 22	14,06%

Fonte: Elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa

Conclui-se, portanto, que a melhor alternativa para uma substituição seria a aeronave T-XC (SOVI). O fato de ser a única opção produzida por uma empresa nacional corrobora ainda mais a escolha desta aeronave devido ao impacto positivo não só na base industrial de defesa, mas também na sociedade brasileira como um todo, devido a geração de emprego e renda. Porém, deve-se levar em consideração que foi produzido apenas um protótipo da mesma e após a ruptura da parceria entre Novaer e Callidus, não é possível, no momento, afirmar que seria possível uma produção em série da aeronave de forma a suprir as necessidades do 2° EIA. Ressalto ainda não ter sido respondido o contato com a empresa Novaer realizado durante a pesquisa.

É mister ressaltar a existência do dispositivo das Parcerias Público-Privadas (PPP), previsto na lei N° 11.079/2004, no qual, uma vez cumpridos os critérios mínimos de duração (entre 5 e 35 anos) e valores (contrato superior ao valor de 20 milhões de reais), poderia ser realizado uma aproximação entre a Força Aérea e empresas do setor privado para a produção das aeronaves.

A segunda melhor alternativa, a aeronave VL3 (915Is), produzida da República Tcheca, torna-se mais complexa, tendo em vista a necessidade de se importar as aeronaves. Durante contato realizado junto à empresa durante a pesquisa, o representante informou que apesar de um contrato com grande quantidade de aeronaves representar um abatimento no valor de mercado das mesmas, a aeronave não é homologada para a realização de acrobacias, sendo inclusive proibida a realização de parafusos intencionais. Este último fato, significaria que, uma vez sendo esta aeronave a escolhida, seriam necessárias mudanças na instrução ministrada no 2ºEIA.

As duas últimas alternativas, apesar de serem utilizadas em diversas escolas de aviação para a instrução de pilotos em diversos países e representarem um grande salto no quesito aviônica em relação ao T-25, não representam alternativas com performance geral maiores que a atual aeronave de instrução.

Por último, tendo em vista a classificação do T-25 perante as alternativas, o recente processo de modernização pelo qual passou o T-27, que trouxe a *expertise* necessária e a clara opinião de instrutores e mantenedores de que uma modernização do T-25 seria mais interessante que uma troca (além do julgamento de que a aeronave não é a ideal para a instrução em um horizonte de 10 anos), justificam a realização por parte da Academia da Força Aérea e do Comando da Aeronáutica de estudos neste sentido.

Outras questões não abordadas por esta pesquisa, como o esforço logístico de se trocar a aeronave, a necessidade de treinamento de instrutores e mantenedores em uma nova aeronave e o impacto no Curso de Formação de Oficiais Aviadores da AFA devem ser levados em consideração nesta futura pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível analisar a necessidade de substituição da aeronave por três óticas: instrução, manutenção e financeira. Para a instrução, uma troca ou modernização de aeronave proporcionaria melhores condições de aprendizado e ensino aos cadetes, possibilitando a boa execução de todas as

fases previstas para a instrução primária que, diferentemente dos anos de 2019 e 2020, não se resumem apenas à fase de Pré-Solo.

Para a manutenção, apesar do tempo de adaptação dos mecânicos à nova aeronave, significaria uma redução na sua carga de trabalho, tendo em vista que a incidência de panes por falhas no projeto cai rapidamente – fase de “mortalidade infantil” apresentada na Figura 1 – atingindo a taxa constante.

No campo financeiro pode-se citar a diminuição dos custos com manutenção da nova aeronave – tendo em vista a queda na taxa geral de panes mencionada anteriormente – e também uma diminuição nos custos com combustível, pela escolha de uma aeronave com menor consumo de gasolina de aviação ou pela escolha de uma aeronave que possibilite a utilização de etanol como combustível. Fato este que não uma modernização apenas de aviônica e parte elétrica não necessariamente resolveria.

Sob as três óticas a substituição da aeronave apresenta contribuições para a Força como um todo, proporcionando melhor capacidade de treinamento de seus futuros oficiais, diminuindo a carga geral de manutenção, além de diminuir os custos atrelados à instrução, desonerando o orçamento da Força Aérea.

Dessa forma, o objetivo da pesquisa de avaliar e classificar diferentes aeronaves presentes no mercado para a substituição da atual, bem como os objetivos específicos de justificar a troca/modernização das aeronaves T-25 a partir de dados de manutenção, aplicar questionários ao efetivo de instrutores e mantenedores da aeronave com vias a obtenção das variáveis presentes nas alternativas e seus respectivos graus de importância para uma aeronave de instrução primária e aplicar o método de análise multicritério para classificar as diferentes aeronaves em relação às variáveis relevantes previamente definidas, foram alcançados. Desta forma foi possível responder a pergunta “qual é a melhor opção para a substituição da atual aeronave de instrução primária da Academia da Força Aérea? ”.

No âmbito da pesquisa, a melhor a aeronave para substituição do vetor de instrução é o T-XC (SOVI).

Este assunto, entretanto, não se esgota com esta pesquisa. Dentre as sugestões para estudos futuros, figuram os no sentido de se mapear o esforço logístico de se trocar a aeronave, a necessidade de treinamento de instrutores e mantenedores em uma nova aeronave, os fatos relevantes na modernização da aeronave por fim o impacto no curso de aviação da AFA no caso de uma troca ou modernização.

REFERÊNCIAS

- ACADEMIA DA FORÇA AÉREA. **Manual de Instrução Técnica: T-25 Universal**. Pirassununga: 2º EIA – Segundo Esquadrão de Instrução Aérea, 2020.
- ACADEMIA DA FORÇA AÉREA. **Manual de Procedimentos 2023**. Pirassununga: AFA – Academia da Força Aérea, 2023.
- ACADEMIA DA FORÇA AÉREA. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional AFA 2023**. Pirassununga: AFA – Academia da Força Aérea, 2023.
- AGUADO, Alexandre; CANTANHEDE, Marco André. **Lógica Fuzzy**. Limeira: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2010.
- AMANCIO, Kleiton Ariel. **T-XC Pilgrim: Uma alternativa para a Academia da Força Aérea**. AFA: Pirassununga: Academia da Força Aérea (AFA), 2012.
- CENTRO TÉCNICO AEROESPACIAL. **Análise de aviões treinadores-treinamento de pilotagem**. São José dos Campos: CTA - Centro Técnico Aeroespacial/ IAE – Divisão de ensaios em Voo, 1996.
- COSTA, Helder Gomes. **Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão**. Niterói: XXXVI – SBPO, 2002.
- DOLÓN-PAYAN, Andrés; SÁNCHEZ-LOZANO, Juan Manuel. **Evaluating military training aircrafts through the combination of multi-criteria decision-making processes with fuzzy logic**. A case study in the Spanish Air Force Academy. Murcia: Elsevier, 2014.
- DOŽIĆ, Slavica; KALIĆ, Milica. **An AHP approach to aircraft selection process**. Belgrado: Elsevier, 2014.
- DSM T-25. **Planilha de Controle Interno da AFA**. Pirassununga: Divisão de Suprimento e Material T-25 (DSM T-25), 2023.
- HALDAR, Anupam, et al. **Fighter aircraft selection using TOPSIS method**. Kolkata: Netaji Subhash Engineering College, 2017.
- KIRSCH, Deise. LEMES, Luciene Rose. **Caracterização da estrutura da pesquisa científica**. Pirassununga: AFA: Divisão de Ensino, 2019.
- MACENO, Lucas. **Uso do planador como dispositivo de treinamento para o procedimento de pouso da aeronave T-25 Universal**. Pirassununga: Academia da Força Aérea (AFA), 2016.
- MARINS, Cristiano, et al. **O uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais – um estudo de caso**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense (UFF), 2009.
- MEIER, T.M.; MORI, R.B.Z. **Uma abordagem multicritério para o Problema de Localização da Comissão de Aeroportos da Região Amazônica**. São José dos Campos: SIGE, 2021.

MIRANDA, V. S. **Estudo de viabilidade visando a escolha de um avião de treinamento primário para a Força Aérea Brasileira**. Taubaté: Universidade de Taubaté, 2019.

OLIVEIRA, Marcelo Silva. **AERONAVE DE TREINAMENTO PRIMÁRIO/BÁSICO**: Análise do sistema de instrução de voo, dos fatores de engenharia e sua implicação nos requisitos de projeto de uma nova aeronave. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2010.

RUSSO, Rosaria; CAMANHO, Roberto. **Criteria in AHP: a Systematic Review of Literature**. São Paulo: Elsevier, 2015.

SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. 2 ed. Rio de Janeiro: Makrom Books, 1990

SANT'ANNA, Kayo. **Término do ciclo de vida da aeronave T-25 Universal e possíveis soluções**. Pirassununga: Academia da Força Aérea (AFA), 2009.

VARGAS, R.V. **Utilizando a Programação Multicritério (Analytic Hierarchy Process - AHP) para Selecionar e Priorizar Projetos na Gestão de Portfólio**. Washington DC: PMI Global Congress, 2010.

ZANUZZI, Leonardo. **Manutenção e Falta de Suprimento no T-25 Universal da Academia da Força Aérea Brasileira**. Palhoça: Universidade do Sul de Santa Catarina, 2017.

APÊNDICE A – ROTEIRO DOS QUESTIONÁRIOS

QUESTIONÁRIO 1 (INSTRUTORES)

03072023_22:04 Trabalho de Conclusão de Curso - Cad. Av. Saraiva (instrutores)

Trabalho de Conclusão de Curso - Cad. Av. Saraiva (instrutores)

Esta pesquisa, destinada a instrutores e ex-instrutores de voo da aeronave T-25, é parte integrante do Trabalho de Conclusão de Curso do Cad. Av. Saraiva sob a orientação da Profa. Dra. Luciene Rose, e tem como objetivo a coleta de dados a fim de que se verifique quais são as características essenciais para um treinador primário. Para tanto, o presente formulário contém 7 perguntas discursivas e objetivas e é uma adaptação do formulário aplicado na tese de doutorado de Marcelo Silva Oliveira intitulada: "AERONAVE DE TREINAMENTO PRIMÁRIO/BÁSICO: Análise do Sistema de Instrução de Voo, dos Fatores de Engenharia e sua Implantação nos Requisitos de Projeto de uma nova Aeronave". Os dados coletados serão mantidos em sigilo, sendo usados para fins científicos. Me coloco à disposição para quaisquer dúvidas por meio do e-mail tp.saraivadam@fab.mil.br e do telefone (61) 99152-7288. Conto com a colaboração de todos. Desde já agradeço!

* Indica uma pergunta obrigatória.

1. Posto e nome de guerra (Ten. Saraiva)

2. N° de horas de voo totais

3. N° de horas de voo de instrução na AFA

4. 1- Tendo em vista a mudança da tecnologia embarcada nas aeronaves operacionais nestas últimas décadas, o senhor acha o T-25 uma aeronave adequada para a instrução nos próximos 10 anos? *
 Marcar apenas uma oval.
 Sim
 Não

https://docs.google.com/forms/d/1zCzJwF78HhUjBjD2Hw8D7VhM8Z-q18418hp_D4Dw8t 16

03072023_22:04 Trabalho de Conclusão de Curso - Cad. Av. Saraiva (instrutores)

5. Justifique a resposta anterior. *

6. 2- O senhor acredita que a mudança do vetor afeta a qualidade da instrução e do nível do piloto? *
 Marcar apenas uma oval.
 Sim
 Não
7. 3- O senhor acredita que os T-25 da AFA apresentam sinais de fadiga estrutural ou "cansaço" após mais de 50 anos de operação? *
 Marcar apenas uma oval.
 Sim
 Não
8. Justifique a resposta da pergunta anterior

https://docs.google.com/forms/d/1zCzJwF78HhUjBjD2Hw8D7VhM8Z-q18418hp_D4Dw8t 26

03072023_22:04 Trabalho de Conclusão de Curso - Cad. Av. Saraiva (instrutores)

9. 4- "Não é necessário trocar os T-25, bastaria que as aeronaves passassem por um processo de modernização aos moldes do T-27M." O senhor concorda ou discorda desta afirmação?
 Marcar apenas uma oval.
 Concordo
 Discordo
10. 5- Tendo em vista a pergunta anterior, o senhor acredita que a troca dos T-25 por outra aeronave seria o ideal? *
 Marcar apenas uma oval.
 Sim
 Não
11. Justifique a resposta da pergunta anterior *

https://docs.google.com/forms/d/1zCzJwF78HhUjBjD2Hw8D7VhM8Z-q18418hp_D4Dw8t 26

03072023_22:04 Trabalho de Conclusão de Curso - Cad. Av. Saraiva (instrutores)

12. 6- Atribua valores de 1 a 5 para o grau de importância de algumas características de uma aeronave de treinamento primário-básica, sendo 1 para pouca importância e 5 para a muita importância.
 Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
a. Aeronave de estrutura metálica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Razão de subida	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Fator de carga	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d. Aeronave asa baixa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e. Teto de serviço	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f. Disposição dos assentos lado a lado.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g. Velocidade máxima	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
h. Tem de pouso retrátil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
i. Capacidade de voo IFR	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
j. Relação peso-potência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
k. Para-quadras balístico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
l. Ar condicionado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

https://docs.google.com/forms/d/1zCzJwF78HhUjBjD2Hw8D7VhM8Z-q18418hp_D4Dw8t 46

03072023, 22:04 Trabalho de Conclusão de Curso - Cel. An. Barina (Instituto)

m. Hélice de passo ajustável

n. Coluna de comando tipo bastião (stick)

o. Configuração de motorização triaxial

13. 7- Qual aeronave que o senhor conhece de fabricação nacional ou estrangeira seria um possível substituto para o T-25 em sua opinião e por quê?

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

https://docs.google.com/forms/d/1zCzuxFP3HhU8p0Dh7v8D7hV8MZ-q3a13kg_DAGu8/

64

03072023, 22:04 Trabalho de Conclusão de Curso - Cel. An. Barina (Instituto)

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

https://docs.google.com/forms/d/1zCzuxFP3HhU8p0Dh7v8D7hV8MZ-q3a13kg_DAGu8/

65

QUESTIONÁRIO 2 (MECÂNICOS)

03/07/2023, 21:47 Trabalho de Conclusão de Curso - Cad. Av. Saraiva (mecânicos)

Trabalho de Conclusão de Curso - Cad. Av. Saraiva (mecânicos)

Esta pesquisa, destinada a mecânicos e ex-mecânicos da aeronave T-25, é parte integrante do Trabalho de Conclusão de Curso do Cad. Av. Saraiva sob a orientação da Profa. Dra. Luciene Rose, e tem como objetivo a coleta de dados a fim de que se verifique quais são as características essenciais para um treinador primário. Para tanto, o presente formulário contém 9 perguntas discursivas e objetivas e é uma adaptação do formulário aplicado na tese de doutorado de Marcelo Silva Oliveira intitulada: "AERONAVE DE TREINAMENTO PRIMÁRIO/BÁSICO: Análise do Sistema de Instrução de Voo, dos Fatores de Engenharia e sua Implicação nos Requisitos de Projeto de uma nova Aeronave". Os dados coletados serão mantidos em sigilo, sendo usados para fins científicos. Me coloco à disposição para quaisquer dúvidas por meio do e-mail tp.saraivadsm@fab.mil.br e do telefone (61) 99152-7288. Conto com a colaboração de todos. Desde já agradeço!

* Indica uma pergunta obrigatória.

1. Posto e nome de guerra (I.S. Saraiva) *

2. Especialidade *

3. Tempo de trabalho em manutenção (em anos) *

4. 1- O senhor acredita que o vetor de treinamento tem influência na qualidade da instrução e no nível do piloto formado? *
 Marcar apenas uma oval.
 Sim
 Não

https://docs.google.com/forms/d/18aF5dLLu5QQ7cmZ5RCAcov0_BH4U7Mjw1WQ2eHl 1/4

03/07/2023, 21:47 Trabalho de Conclusão de Curso - Cad. Av. Saraiva (mecânicos)

5. 2- Qual é o maior problema de manutenção que os T-25 apresentam em sua especialidade? *

6. 3- Qual a frequência de ocorrência de reparos em sua especialidade nos T-25? *
 Marcar apenas uma oval.
 Diário
 Semanal
 Mensal
 Anual
7. 4- Como o senhor julga de 1 a 5, sendo 1 nada ideal e 5 muito ideal, a manutenção do T-25? (No que tange a disponibilidade de peças, facilidade de manutenção, reincidência de panes, etc.) *
 Marcar apenas uma oval.
 1
 2
 3
 4
 5
 -

https://docs.google.com/forms/d/18aF5dLLu5QQ7cmZ5RCAcov0_BH4U7Mjw1WQ2eHl 2/4

03/07/2023, 21:47 Trabalho de Conclusão de Curso - Cad. Av. Saraiva (mecânicos)

8. 5- Tendo em vista a pergunta anterior, das aeronaves com as quais o senhor trabalhou, qual seria a de manutenção ideal? Porque?

9. 6- O senhor acredita que os T-25 da AFA apresentam sinais de fadiga estrutural ou "cansaço" após mais de 50 anos de operação? *
 Marcar apenas uma oval.
 Sim
 Não
10. Justifique a resposta anterior *

11. 7- O senhor acredita que a troca dos T-25 por outra aeronave seria o ideal para a solução da falta de indisponibilidade? *
 Marcar apenas uma oval.
 Sim
 Não

https://docs.google.com/forms/d/18aF5dLLu5QQ7cmZ5RCAcov0_BH4U7Mjw1WQ2eHl 3/4

03/07/2023, 21:47 Trabalho de Conclusão de Curso - Cad. Av. Saraiva (mecânicos)

12. Justifique a resposta da pergunta anterior *

13. 8- O senhor conhece estruturas aeronáuticas em material compósito? (Ex: materiais em carbono e fibra de vidro) *
 Marcar apenas uma oval.
 Sim
 Não
14. 9- O senhor consegue pensar em alguma implicação negativa no caso da adoção de uma aeronave de material compósito, para ser utilizada na instrução no lugar do T-25?

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.
 Google Formulários

https://docs.google.com/forms/d/18aF5dLLu5QQ7cmZ5RCAcov0_BH4U7Mjw1WQ2eHl 4/4