

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ  
VANDEIR SILVA MIRANDA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE VISANDO A ESCOLHA DE  
UM AVIÃO DE TREINAMENTO PRIMÁRIO PARA  
A FORÇA AÉREA BRASILEIRA**

**Taubaté – São Paulo  
2019**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**VANDEIR SILVA MIRANDA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE VISANDO A ESCOLHA DE  
UM AVIÃO DE TREINAMENTO PRIMÁRIO PARA  
A FORÇA AÉREA BRASILEIRA**

Monografia apresentada para obtenção do  
Título de Especialização em Engenharia  
Aeronáutica pelo Departamento de Engenharia  
Mecânica da Universidade de Taubaté.  
Área de Concentração: Projeto de Aeronaves  
Orientador: Prof. Me. Pedro Marcelo Alves  
Ferreira de Pinto.

**Taubaté – São Paulo**  
**2019**

**SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

M672e Miranda, Vandeir Silva  
Estudo de viabilidade visando a escolha de um avião de treinamento primário para a Força Aérea Brasileira / Vandeir Silva Miranda. -- 2019. 124 f. : il.

Monografia (Especialização) – Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2019.  
Orientação: Prof. Me. Pedro Marcelo Alves Ferreira Pinto, Departamento de Engenharia Mecânica.  
Coorientação: Prof. Me. Paulo de Tarso de Moraes Lobo, Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Academia da Força Aérea. 2. Aviação Militar. 3. Estudo de Viabilidade. 4. Força Aérea Brasileira. 5. Neiva T-25 Universal. I. Título. II. Especialização em Engenharia Aeronáutica.

CDD – 629.1309

**Ficha catalográfica elaborada por Shirlei Righeti – CRB-8/6995**

**Vandeir Silva Miranda**

**ESTUDO DE VIABILIDADE VISANDO A ESCOLHA DE UM AVIÃO DE  
TREINAMENTO PRIMÁRIO PARA A FORÇA AÉREA BRASILEIRA**

Monografia apresentada para obtenção do  
Título de Especialista em Engenharia  
Aeronáutica pelo Departamento de Engenharia  
Mecânica da Universidade de Taubaté.  
Área de Concentração: Projeto de Aeronaves

Data: \_\_\_\_\_

Resultado: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Me. Pedro Marcelo Alves Ferreira de Pinto

Universidade de Taubaté

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Me. Paulo de Tarso de Moraes Lobo

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Giorgio Engenio Oscare Giacaglia

Assinatura: \_\_\_\_\_

Dedico este trabalho primeiramente a Deus,  
pois graças a sua bondade e misericórdia tive saúde,  
força e empenho nos momentos mais difíceis de minha pós-graduação.

Dedico, também, à minha família e, especialmente, a meu pai  
(*in memoriam*), pois certamente junto a Deus ele olha e ora por nós.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois graças a sua bondade e misericórdia tive saúde, força e empenho nos momentos mais difíceis da pós-graduação. À Nossa Senhora Aparecida, por me interceder junto a seu filho Jesus nos momentos de desespero e falta de confiança.

Ao Prof. Me. Pedro Marcelo Alves Ferreira de Pinto, por me orientar durante o Programa de Iniciação à Docência – PID/UNITAU – e, nesta última etapa da pós-graduação; e, ao Prof. Me. Paulo de Tarso Moraes de Lobo por compor minha banca avaliadora. Estendo minha gratidão a todos os professores desta universidade com quem tive contato nestes dois anos.

Aos meus queridos pais, Regina e Luiz (*in memoriam*), que me deram a base necessária e não mediram esforços para que ingressasse nesta pós-graduação. À minha irmã Marinalva, grande amiga e incentivadora de todas as horas; seus conselhos me ampararam e suas orações me fortaleceram nos momentos mais difíceis. Vocês são o que de mais valioso tenho nesta vida.

Aos meus colegas e amigos da turma 2017/2019 da Especialização em Engenharia Aeronáutica pelo companheirismo acadêmico e profissional, sem o auxílio de vocês este trabalho não seria possível, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas. Em especial, ao Cel Robert Franco de Oliveira por todo o apoio prestado e a Anderson de Almeida da Silva, futuro engenheiro aeronáutico e profundo conhecedor de asas rotativas, pelo companheirismo e as boas conversas sobre todos os temas aeronáuticos. E, também a José de Alvarenga, profundo conhecedor da aviação brasileira, que gentilmente me cedeu duas imagens do Neiva T-25 Universal para a composição deste trabalho.

Não devo me esquecer de todos os colaboradores da Universidade de Taubaté, em especial às bibliotecárias, por me acompanharem em minha rotina diária de estudos. Assim como aos aviadores e mecânicos do 2º Esquadrão de Instrução Aérea que bravamente mantém as aeronaves de instrução Neiva T-25 Universal nas melhores condições operacionais, apesar das enormes dificuldades vivenciadas no dia-a-dia. Finalmente, a todos que não citei acima, mas com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho e para a conclusão de minha Especialização em Engenharia Aeronáutica.

## EPÍGRAFE

“Mas aqueles que esperam no Senhor  
renovam as suas forças;  
Ele dá-lhes asas de águia. Correm sem se  
cansar, vão para frente sem se fatigar”.

Isaías 40, 31

## RESUMO

Apesar de famosa por seus bem-sucedidos projetos na aviação comercial, a indústria aeronáutica brasileira, por muitos anos, dedicou seus trabalhos no desenvolvimento de aeronaves de treinamento. Entretanto, após o lançamento do Embraer T-27 Tucano, nenhuma outra tentativa teve êxito comercial. Tanto na aviação civil e militar, os meios utilizados estão defasados tecnologicamente e distantes das inovações no campo dos materiais e sistemas de navegação. Nesse contexto, os treinadores Neiva T-25 Universal já estão no término de suas vidas operacionais e, até o presente momento, não há ainda uma aeronave escolhida para dar continuidade à tarefa de instrução dos cadetes na Academia da Força Aérea Brasileira (AFA). Logo, este trabalho objetiva propor à Força Aérea Brasileira, uma nova aeronave que atenda aos requisitos levantados junto aos operadores. Paralelamente faz-se uma análise da frota de aeronaves no continente latino-americano, com o intuito de conhecer quais aeronaves utilizadas por estes países e nos posicionar perante o continente. Através de um Estudo de Viabilidade pode-se avaliar alguns modelos e aeronaves disponíveis e em operação e compará-los entre si, visando superar o T-25 em vários parâmetros. É provável que com a entrada do novo vetor de instrução, possa-se estabelecer um novo cenário para a mudança no sistema de treinamento dos futuros aviadores militares.

**Palavras-chave:** Academia da Força Aérea; Aviação Militar; Estudo de Viabilidade; Força Aérea Brasileira; Neiva T-25 Universal.



## **ABSTRACT**

Although famous for its successful commercial aviation projects, the Brazilian aeronautics industry has for many years devoted its work to the development of training aircraft. However, after the launch of the Embraer T-27 Tucano, no other attempt was commercially successful. In both civil and military aviation, the means used are technologically out of date and far from innovations in the field of navigation materials and systems. In this context, the Neiva T-25 Universal trainers are already at the end of their operational lives and, to date, there is not yet an aircraft chosen to continue the task of instructing the cadets at the Brazilian Air Force Academy (AFA). Therefore, this work aims to propose to the Brazilian Air Force, a new aircraft that meets the requirements raised with the operators. At the same time, an analysis of the aircraft fleet in the Latin American continent is carried out, in order to know which aircraft are used by these countries and to position us in the continent. Through a Feasibility Study it is possible to evaluate some models and aircraft available and in operation and to compare them with each other, aiming to surpass the T-25 in several parameters. It is likely that with the entry of the new instruction vector, a new scenario can be established for the change in the training system of the future military aviators.

**Key Words:** Air Force Academy; Military Aviation; Feasibility Study; Brazilian Air Force; Neiva T-25 Universal.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Síntese das fases de desenvolvimento de um projeto aeronáutico .....	44
<b>Tabela 2</b> - Produção anual do Neiva T-25 Universal. ....	55
<b>Tabela 3</b> - O Emprego operacional do T-25 na FAB .....	56
<b>Tabela 4</b> - Pontos positivos e negativos do Neiva T-25 Universal. ....	64
<b>Tabela 5</b> - Parâmetros básicos de desempenho, segundo a proposta de projeto ....	66
<b>Tabela 6</b> - Perfil de Missão Tipo 1.....	67
<b>Tabela 7</b> - Perfil de Missão Tipo 2.....	68
<b>Tabela 8</b> - Perfil de Missão Tipo 3.....	69
<b>Tabela 9</b> - Ficha técnica das aeronaves de treinamento militar em operação .....	95
<b>Tabela 10</b> - Tabela com a frota latino-americana de aeronaves de treinamento ....	116

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Piper PA-18 Super Cub (à esquerda) e Neiva P-56 Paulistinha (à direita). .....	20
<b>Figura 2</b> - Piper PA-28A-140 Cherokee (à esquerda) e Cessna 152 (à direita) .....	20
<b>Figura 3</b> - Aero Boero AB-115 (à esquerda) e Diamond DA20-C1 Eclipse (à direita) .....	21
<b>Figura 4</b> - Embraer EMB-712 Tupi (à esquerda) e Cessna 172 Skyhawk (à direita). .....	22
<b>Figura 5</b> - Embraer EMB-810 Seneca II.....	22
<b>Figura 6</b> - Aeromot AMT-600 Guri (à esquerda) e AMT-100 Ximango (à direita) .....	23
<b>Figura 7</b> - Escola de Aviação Militar no ano de 1919.....	25
<b>Figura 8</b> - Brasão da Academia da Força Aérea.....	26
<b>Figura 9</b> - Imagem aérea da Academia da Força Aérea .....	26
<b>Figura 10</b> - Fokker T-21 (à esquerda) e T-22 (à direita) .....	28
<b>Figura 11</b> - North American T-6 Texan (à esquerda) e Aerotec T-23 Uirapuru (à direita) .....	28
<b>Figura 12</b> - Cessna T-37C Tweety Bird (à esquerda) e seu sucessor, o Embraer T- 27 Tucano (à direita) .....	29
<b>Figura 13</b> - Brasão e aeronave T-25 Universal utilizada pelo 2º EIA .....	30
<b>Figura 14</b> - Brasão e aeronave T-27 Tucano utilizada pelo 1º EIA .....	31
<b>Figura 15</b> - Embraer AT-29 Super Tucano (à esquerda), Embraer C-95M Bandeirante (ao centro) e Helibras HB-350 Esquilo (à direita) .....	31
<b>Figura 16</b> - Frota de aeronaves Neiva T-25 Universal do 1º EIA .....	33
<b>Figura 17</b> - Tecnam P2000 Sierra (à esquerda) e Grob G120TP (à direita) .....	35
<b>Figura 18</b> - Beechcraft T-6C Texan II (à esquerda) e Diamond DA40 (à direita) .....	36
<b>Figura 19</b> - Zlin Z-242 (à esquerda) e Maule MT-7-235 Star Rocket (à direita) .....	37
<b>Figura 20</b> - Beechcraft T-34 Mentor (à esquerda) e ENAER T-35 Pillán (à direita)..	37
<b>Figura 21</b> - Aerotec A-123 Tangará (à esquerda) e Aerotec T-135 Guará (à direita) .....	38
<b>Figura 22</b> – Infográfico (à esquerda) e mock up da aeronave IA-73 Unasur I (à direita) .....	39
<b>Figura 23</b> - Novaer T-Xc (à esquerda) e Novaer Calidus B-250 Bader (à direita).....	39

<b>Figura 24</b> - Principais Metodologias de Projeto da Atualidade.....	41
<b>Figura 25</b> - A Roda de Projeto de Raymer.....	41
<b>Figura 26</b> - Etapas de um projeto aeronáutico.....	44
<b>Figura 27</b> - Comparativo dimensional entre as aeronaves de caça Dassaul Rafale, Mirage 2000 e Saab Gripen .....	46
<b>Figura 28</b> - Comparativo entre os cockpits das versões C/D (à esquerda) e E/F do caça Saab Gripen (à direita).....	47
<b>Figura 29</b> - Cirrus SR22 (à esquerda) e seu cockpit (à direita).....	48
<b>Figura 30</b> - Lancair 360.....	49
<b>Figura 31</b> - Desenho da aeronave T-25 (IPD- 6201), conforme constava na descrição preliminar do contrato.....	50
<b>Figura 32</b> - Primeiro protótipo do N621 em fase de construção nas instalações da Neiva e, posteriormente, num ensaio em voo .....	51
<b>Figura 33</b> - PP-ZTW, o primeiro protótipo do N.621 .....	52
<b>Figura 34</b> - Neiva T-25 Universal FAB 1830, o segundo protótipo.....	52
<b>Figura 35</b> - Neiva T-25 Universal na Força Aérea Boliviana (à esquerda) e, operacional na Força Aérea Paraguaia (à direita) .....	54
<b>Figura 36</b> - Linha de voo dos T-25 do 2º EIA – Esquadrão de Instrução Aérea.....	55
<b>Figura 37</b> - Padrão de pintura do T-25 Universal, atuando como aeronave orgânica na BASP.....	57
<b>Figura 38</b> - Padrão de pintura do 2º EMRA - Esquadrão Misto de Reconhecimento e Ataque.....	57
<b>Figura 39</b> - Padrão de pintura da 2ª ELO - Esquadrilha de Ligação e Observação..	57
<b>Figura 40</b> - Neiva T-25 Universal da Força Aérea Chilena .....	57
<b>Figura 41</b> - Protótipo YT-25B Universal II .....	58
<b>Figura 42</b> - Painel do T-25C Universal.....	59
<b>Figura 43</b> - Neiva N.721B Carajá.....	60
<b>Figura 44</b> - Neiva "Bi-Universal Ataque" .....	60
<b>Figura 45</b> - K-51 Peregrino .....	61
<b>Figura 46</b> - Desenho em três vistas da aeronave Neiva T-25 Universal.....	62
<b>Figura 47</b> - Variação da altitude durante a missão Tipo 1 .....	67
<b>Figura 48</b> - Variação da altitude durante a missão Tipo 2 .....	68
<b>Figura 49</b> - Variação da Altitude durante a missão Tipo 3 .....	69
<b>Figura 50</b> - Diamond DA20-C1 Eclipse.....	71

<b>Figura 51</b> - Painel de instrumentos equipado com a suíte Garmin G500.....	72
<b>Figura 52</b> - Desenho em três vistas do Diamond DA20-C1 Eclipse.....	73
<b>Figura 53</b> - ENAER T-35 Pillán.....	74
<b>Figura 54</b> - Desenho em três vistas do ENAER T-35 Pillán.....	75
<b>Figura 55</b> - Grob G115E Tutor T.1 do Esquadrão Aéreo da Universidade de Birmingham, Força Aérea Real .....	76
<b>Figura 56</b> - Painel de instrumentos do Grob G115E Tutor T.1.....	76
<b>Figura 57</b> – Desenho em três vistas do Grob G115E Tutor T.1.....	77
<b>Figura 58</b> - Grob G120A da Força Aérea do Quênia .....	77
<b>Figura 59</b> - Painel de instrumentos do Grob 120A.....	78
<b>Figura 60</b> - Desenho em três vistas do Grob G120A .....	78
<b>Figura 61</b> - Grob G120TP .....	79
<b>Figura 62</b> - Tela EFIS Genesys Aerosystems IDU-680 .....	80
<b>Figura 63</b> - Desenho em três vistas do Grob G120TP .....	80
<b>Figura 64</b> - Primeiro voo do T-Xc no dia 22 de agosto de 2014.....	81
<b>Figura 65</b> - T-Xc Pilgrim (à esquerda) e U-Xc Stardream (à direita) .....	82
<b>Figura 66</b> - Componentes de carbono e de fibra de vidro do T-Xc. ....	82
<b>Figura 67</b> - Particularidades entre a versão civil e militar .....	83
<b>Figura 68</b> - Novaer Sovi.....	84
<b>Figura 69</b> - Desenho em três vistas do Novaer T-Xc.....	84
<b>Figura 70</b> - PAC CT-4E Airtrainer. ....	85
<b>Figura 71</b> - Desenho em três vistas do PAC CT-4E Airtrainer.....	86
<b>Figura 72</b> - PAC Super Mushshak.....	87
<b>Figura 73</b> - Painel de instrumentos do PAC Super Mushshak.....	88
<b>Figura 74</b> - Desenho em três vistas do PAC Super Mushshak.....	88
<b>Figura 75</b> - SIAI-Marchetti SF.260 .....	89
<b>Figura 76</b> - Desenho em três vistas do SIAI-Marchetti SF.260 .....	90
<b>Figura 77</b> - Utva Lasta 95 .....	91
<b>Figura 78</b> - Desenho em três vistas do Utva Lasta 95 .....	92
<b>Figura 79</b> - Zlin 242L.....	93
<b>Figura 80</b> - Painel do Zlin 242L.....	94
<b>Figura 81</b> - Desenho em três vistas do Zlin 242L .....	94
<b>Figura 82</b> - Gráfico de barras do parâmetro Peso Máximo.....	98
<b>Figura 83</b> - Gráfico de barras do parâmetro Peso Vazio .....	98

<b>Figura 84</b> - Gráfico de barras do parâmetro Carga Alar .....	99
<b>Figura 85</b> - Gráfico de barras do parâmetro Relação Peso/Potência (kg/hp) .....	100
<b>Figura 86</b> - Gráfico de barras do parâmetro Velocidade Máxima .....	100
<b>Figura 87</b> - Gráfico de barras do parâmetro Velocidade de Cruzeiro .....	101
<b>Figura 88</b> - Gráfico de barras do parâmetro Razão de Subida .....	102
<b>Figura 89</b> - Gráfico de barras do parâmetro Teto de Serviço .....	102
<b>Figura 90</b> - Gráfico de barras do parâmetro Alcance Máximo .....	103

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIações E SÍMBOLOS

ADF	- Automatic Direction Finder
AFA	- Academia da Força Aérea
ANAC	- Agência Nacional de Aviação Civil
AvGas	- Gasolina de Aviação
BASP	- Base Aérea de São Paulo
BNDES	- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAP	- Companhia Aeronáutica Paulista
CAR	- Canadian Aviation Regulation
CATRE	- Centro de Aplicações Táticas e de Recompimento de Equipagens
CEA/UFMG	- Centro de Estudos Aeronáuticos da Universidade Federal de Minas Gerais
CFOAV	- Curso de Formação de Oficiais Aviadores
COIN	- Contra insurgência
CTA	- Centro Tecnológico de Aeronáutica
DAC	- Departamento de Aviação Civil
DCTA	- Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
EASA	- European Aviation Safety Agency
EDA	- Esquadrão de Demonstração Aérea
EFIS	- Electronic Flight Instrument System
EIA	- Esquadrão de Instrução Aérea
ELO	- Esquadrilha de Ligação e Observação
EMBRAER	- Empresa Brasileira de Aeronáutica
EMRA	- Esquadrão Misto de Reconhecimento e Ataque
ENAER	- Empresa Nacional de Aeronáutica de Chile
EPCAR	- Escola Preparatória de Cadetes do Ar
ESMA	- Escola Superior Militar de Aviação
FAA	- Federal Aviation Administration
FAB	- Força Aérea Brasileira
FACH	- Força Aérea Chilena
FAdeA	- Fabrica Argentina de Aviones S.A.

FINEP	- Financiadora de Estudos e Projetos
GAv	- Grupo de Aviação
GPS	- Global Positioning System
HOTAS	- Hands On Throttle-And-Stick
HUD	- Head-Up Display
IFI	- Instituto de Fomento Industrial
IFR	- Instrument Flight Rules
IPD	- Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento
ITA	- Instituto Tecnológico de Aeronáutica
LSA	- Light Sport Aircraft
MFD	- MultiFuction Display
MIL	- Military Standards
MTOW	- Maximum Take-Off Weight
PAC	- Paakistan Aeronautical Complex
PAMA-LS	- Parque de Material Aeronáutico de Lagoa Santa
PC	- Piloto Comercial
PFD	- Primary Flight Display
PP	- Piloto Privado
RAF	- Royal Air Force
RJ	- Rio de Janeiro
RS	- Rio Grande do Sul
SF	- Stelio Frati
SP	- São Paulo
TAPMIL	- Teste de Aptidão à Pilotagem Militar
USAF	- United States Air Force
$V_c$	- Velocidade de Cruzeiro
VHF	- Very High Frequency
$V_{máx}$	- Velocidade Máxima
$V_s$	- Velocidade de Cruzeiro
VOR	- Very High Frequency Omnidirectional Range
WAD	- Wide Area Display



## LISTA DE ANEXOS

<b>Apêndice 1.</b>	Frota latino-americana de aeronaves de treinamento .....	116
--------------------	--	-----

# Sumário

<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>1.1. Objetivos</b> .....	<b>17</b>
<b>1.2. Justificativas</b> .....	<b>18</b>
<b>2.REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1. A Instrução de Voo</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1.1. A Atividade de Instrução Aérea</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1.2. A Instrução Aérea Civil no Brasil</b> .....	<b>19</b>
<b>2.1.3. A Instrução Militar na Academia da Força Aérea</b> .....	<b>24</b>
<b>2.1.4. Panorama das Aeronaves de Instrução Militar na América Latina</b> .....	<b>34</b>
<b>2.2. Fundamentos de Projeto Aeronáutico</b> .....	<b>40</b>
<b>2.2.1. Fases de um Projeto Aeronáutico</b> .....	<b>43</b>
<b>2.2.2. Filosofias de Projeto</b> .....	<b>45</b>
<b>2.2.3. Neiva N.621 – A Filosofia do Projeto do Neiva T-25 Universal</b> .....	<b>49</b>
<b>3.METODOLOGIA</b> .....	<b>62</b>
<b>3.1. Requisitos de Projeto</b> .....	<b>62</b>
<b>3.2. Análise das Aeronaves de Treinamento Primário Militar Disponíveis no Mercado</b> .....	<b>70</b>
<b>3.2.1. Diamond DA20-C1 Eclipse</b> .....	<b>71</b>
<b>3.2.2. ENAER T-35 Pillán</b> .....	<b>73</b>
<b>3.2.3. Grob G115E Tutor T.1/G120A/G120TP</b> .....	<b>75</b>
<b>3.2.4. Novaer T-Xc</b> .....	<b>81</b>
<b>3.2.5. PAC CT-4E Airtrainer</b> .....	<b>85</b>
<b>3.2.6. PAC Super Mushshak</b> .....	<b>86</b>
<b>3.2.7. SIAI-Marchetti SF.260</b> .....	<b>88</b>
<b>3.2.8. Utva Lasta 95</b> .....	<b>90</b>
<b>3.2.9. Zlin Z 242L Guru</b> .....	<b>92</b>
<b>4.RESULTADOS</b> .....	<b>98</b>
<b>5.DISSCUSSÃO</b> .....	<b>103</b>
<b>6.CONCLUSÕES</b> .....	<b>109</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>111</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>116</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A vocação brasileira de produzir aviões de treinamento teve início dos anos 30. A partir da década seguinte essa atividade cresceu passando a ser, gradualmente, um dos pilares para a criação e segmentação de uma indústria aeronáutica no Brasil, nos moldes da que conhecemos hoje. Ao longo das décadas foram produzidos diversos modelos fabricados sob licença, como os Fokker T-21 e T-22, Fairchild PT-19, North American T-6 e CAP-4, bem como outros aqui projetados, com destaque para o Muniz M.7 e M.9, o Aerotec 122 (T-23) Uirapuru, o Neiva P-56 Paulistinha e o Neiva T-25 Universal, entre outros.

Essas aeronaves ajudaram a indústria nacional a se consolidar e amadurecer, criando o aporte e o expertise necessários ao desenvolvimento de tecnologia de ponta, que resultaram em diversos projetos de excelência, que hoje podem ser bem sintetizados no modelo KC-390, da Embraer. A capacidade de projetar e produzir bons treinadores, oferecendo soluções inteligentes para o mercado resultou, por exemplo, no Embraer EMB-312 Tucano (T-27), até hoje aclamado como um dos melhores treinadores militares do mundo. Foi um sucesso de vendas, que inseriu o Brasil no respeitado cenário mundial de fabricantes de aeronaves de treinamento.

Porém, curiosamente, o T-27 representou o topo e ao mesmo tempo o início de uma estagnação. Dos anos 80 para cá, a indústria aeronáutica nacional não conseguiu, por diversos fatores, entre eles, a falta de investimentos, crises econômicas sucessivas, falta de um planejamento estratégico e de demanda produtiva, projetar e fabricar novas aeronaves de treinamento (para as fases iniciais da instrução de voo).

Também não se deve deixar de fora dessa equação, uma falta de foco da indústria nesse segmento de aeronaves, que a partir dos anos 1980, com o advento de projetos como o AMX, o EMB-120, o CBA-123, o ERJ-145 e os E-Jets, passou a concentrar seus esforços em projetos maiores e mais vultuosos, deixando de lado equipamentos de treinamento primário. Nas últimas três décadas praticamente nenhum projeto para a tarefa foi concretizado e os que chegaram à fase de protótipo, como o Aeromot AMT-600 Guri, não alcançaram o esperado sucesso comercial para se manter em produção.

A principal consequência dessa estagnação foi, gradualmente, o mercado nacional de aviões monomotores utilitários e de treinamento primário/básico ser dominado completamente por aeronaves estrangeiras. A indústria nacional perdeu a capacidade de suprir sua aviação civil e militar com um vetor na faixa e de se projetar no exterior neste segmento.

No dia 22 de agosto de 2014 essa realidade pareceu sinalizar uma mudança, pois a Novaer Craft, empresa sediada em São José dos Campos, SP, fez voar uma aeronave nacional de treinamento/utilitária moderna e capaz de atender tanto ao mercado civil como ao militar. Porém, em fevereiro de 2018, após enfrentar sérias dificuldades financeiras decorrentes da “infidelidade contratual” de seu principal cliente e parceiro industrial, a empresa Calidus LLC, dos Emirados Árabes Unidos, a empresa anunciou a demissão de um número superior a 150 funcionários. Portanto, a indústria aeronáutica brasileira, embora com muito sucesso em alguns segmentos, ainda não desenvolveu nenhum produto novo dentro dessa nova categoria e nem com elevado potencial comercial.

Mas por que investir em um avião treinador? Sabe-se que há uma grande demanda por aeronaves de treinamento primário e básico na América Latina, Europa, África e Ásia. Assim como, estima-se que o Brasil é o segundo maior mercado de aviação geral do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos. Outro grande motivo, é a grande parcela de aviões monomotores no mercado atual, cujos projetos datam entre 15 a 50 anos de idade, com tecnologia já em declínio e que precisarão de serem substituídos em curto/médio prazo.

O mercado militar também enfrenta situação similar e igualmente terá uma grande demanda para os próximos anos em todos os continentes. A projeção para os próximos anos é que diversas Forças Armadas irão substituir seus treinadores primários por aviões mais modernos, com tecnologia digital embarcada (aviônica) e com baixo custo operacional.

Durante muitos anos, o treinamento básico dos futuros pilotos da Força Aérea Brasileira tem sido baseado no monomotor Neiva T-25 Universal, projeto do início da década de 60. Essa aeronave sempre desempenhou um importante papel nessa função tão fundamental para os cadetes da FAB, mas ainda que a manutenção constante tenha prolongado sua vida útil, há o limite de tolerância da célula, bem como a obsolescência do próprio equipamento entre os avanços da tecnologia aeronáutica. Ainda há dezenas de T-25 em uso, baseados na Academia da Força

Aérea (AFA), em Pirassununga, SP, e aguardando a entrada de um novo equipamento que venha suprir as necessidades da corporação, além de aliar tecnologia e desempenho, reunindo as características necessárias ao treinamento.

### **1.1. Objetivos**

Conforme destacado anteriormente, o presente trabalho tem por finalidade apresentar uma profunda análise do mercado de aviões de treinamento básico/primário e propor uma nova plataforma de instrução visando a substituição do modelo Neiva T-25 Universal na Força Aérea Brasileira. Por meio da metodologia proposta por Barros (2001), obteve-se os parâmetros de desempenho de outras onze aeronaves, presentes em diversas escolas de aviação militar espalhadas pelo mundo e com o mesmo perfil operacional dos T-25.

Através do Estudo de Viabilidade, pode-se escolher um novo vetor que atenda satisfatoriamente os requisitos propostos e a missão a que lhe é destinada. Esta técnica que consiste em levantar e analisar dados construtivos e geométricos de aeronaves similares permite viabilizar tanto a decisão por uma nova aeronave que reúna as melhores características, quanto na aquisição dos novos parâmetros que venham a ser utilizados num projeto futuro.

No intuito de confrontar a situação da aviação militar brasileira perante a seus pares do continente latino-americano, elaborou-se um panorama geral das aeronaves de asa fixa utilizadas na instrução primária, básica e avançada. E, complementarmente, demonstrar algumas tentativas, bem-sucedidas ou não, de alguns projetos que não obtiveram sucesso durante o seu desenvolvimento por inúmeros fatores.

Por fim, no meio aeronáutico há aqueles que defendem uma mesma plataforma para a instrução aérea de civis e militares. Portanto é necessário levantar o histórico, os mecanismos de formação dos futuros aviadores brasileiros e as suas particularidades. Porém como o foco deste trabalho é a aviação militar de instrução, deve-se compreender as reais necessidades deste ramo estratégico dentro da força aérea e, caso necessário, propor mudanças em sua metodologia de ensino.

## **1.2. Justificativas**

Justificando a necessidade desta tese, cita-se o fato de que a vida útil dos Neiva T-25 está chegando ao fim e não há no mercado nacional alternativas para substituí-lo. Estudos realizados pelo DCTA (Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial), localizado em São José dos Campos, indicavam a extensão da vida dos T-25 até o ano de 2020, com base na medição de esforços estruturais em quatro aeronaves da AFA.

Além do mais, esta necessidade não se restringe ao Brasil, vários países da América Latina utilizam para a instrução básica aeronaves projetadas nas décadas de 50 e 60, que não são mais produzidas. Algumas das quais já passaram por extensos programas de modernização, mas também estão do final de suas vidas operacionais. Portanto, torna-se necessário o desenvolvimento de uma nova aeronave para suprir a demanda de profissionais que operarão os novos aviões de caça, transporte e outras aeronaves operacionais, que trazem novos tipos de tecnologia, tais como instrumentos de voo digitais e integrados.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. A Instrução de Voo**

#### **2.1.1. A Atividade de Instrução Aérea**

Na instrução aérea é comum o aluno ao tomar contato com a aeronave, sofrer alguns problemas de ordem fisiológica como enjoos, desconforto e fobias. Isto se deve à complexidade de sua operação, pois no ar há a possibilidade de movimentos no eixo vertical e uma delimitação espacial virtual, geralmente baseada em coordenadas e altitudes, e pontos de referência (OLIVEIRA, 2010).

De acordo com o autor, é notório que nessas primeiras horas de voo sejam realizadas em aeronaves com características especiais, tendo em vista a pouca ou nenhuma experiência do aluno. A própria ergonomia cabine de comando deve ajudar na interação entre instrutor e aluno. Essas máquinas devem ter reações

previsíveis e conhecidas aos comandos, tolerância aos erros dos alunos e baixo custo de manutenção e operação.

Por fim, ele conclui que os aviões de treinamento devem ser plataformas estáveis de pilotagem, permitindo que o instrutor exercite todas as manobras necessárias para que o aluno adquira um mínimo de conhecimento de voo, para transitar para estágios mais avançados, onde a proficiência dos estágios anteriores é condição básica. Desse modo, toda a aeronave com as qualidades descritas acima é chamada de aeronave de treinamento.

### **2.1.2. A Instrução Aérea Civil no Brasil**

Na aviação civil, a instrução é dividida em fases, à medida que a complexidade dos voos e dos equipamentos disponíveis vai aumentando. Segundo as regras da ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil –, inicialmente todo aluno deve concluir as 40 horas do curso de piloto privado (PP), passando para o curso de piloto comercial (PC), onde alcançará o mínimo de 200 horas totais de voo e fará navegação por instrumentos (IFR). Posteriormente passará a voar aeronaves com dois ou mais motores, se habilitado no curso de multimotores. Visando adquirir experiência e horas de voo, muitos pilotos detentores do brevê de PC continuam sua formação como instrutores em aeroclubes e escolas de aviação, voando para empresas pequenas e táxis aéreos ou fazendo transporte de malotes.

O mercado atual de aeronaves disponíveis para instrução básica é bem heterogêneo se considerarmos os períodos de projeto e fabricação. Em alguns aeroclubes e escolas de aviação espalhados no Brasil encontramos aeronaves clássicas como o Piper PA-18 Super Cub e CAP-4/Neiva P-56 Paulistinha (Figura 1), fabricados entre as décadas de 40 e 50 e adquiridos por apoio e intermédio do antigo DAC – Departamento de Aviação Civil –, entidade reguladora vinculada ao antigo Ministério da Aeronáutica. Além destes, temos os modelos norte-americanos Cessna 150/152 e Piper PA-28A-140 Cherokee (Figura 2), lançados durante os anos de 60 e 70.



**Figura 1** - Piper PA-18 Super Cub (à esquerda) (<https://www.ej.com.br/aeronave/pa-18>) e Neiva P-56 Paulistinha (à direita) (Autor, 2009).



**Figura 2** - Piper PA-28A-140 Cherokee (à esquerda) (<http://aeroclubedetaubate.com.br/wp-content/uploads/2016/05/Aeroclube-5.jpg>) e Cessna 152 (à direita) (<https://www.ej.com.br/aeronave/cessna-152>).

Este cenário persistiu até meados do final do século passado, quando houve uma grande redução do número de aeronaves disponíveis devido, principalmente, ao desgaste e perdas operacionais. Para amenizar esta situação, o governo brasileiro adquiriu, entre os anos de 1987 e 1994, cerca de 366 unidades dos modelos argentinos Aero Boero AB-115/180 (Figura 3). A versão AB-115 é homologada como aeronave utilitária e de treinamento primário, enquanto que a versão AB-180, além de ter as mesmas atribuições, pode ser utilizada para reboque de planadores, por possuir um motor mais potente.

Entretanto, o icônico “Boero” já estava tecnologicamente defasado em relação aos mais recentes avanços no campo da aviação. E como agravante, a versão AB-115, em função de restrições orçamentárias, foi adquirida com uma motorização inferior e, conseqüentemente tem uma performance aquém do almejado.



Aliado a estas limitações, os treinadores argentinos pouco agregaram para a metodologia de instrução. A capacidade de manobras dos AB-115 é inferior à do Paulistinha, obrigando o antigo DAC<sup>1</sup> (órgão antecessor à ANAC) a reformular o seu programa de instrução, abolindo algumas manobras, tais como o parafuso comandado. Em relação a outros treinadores primários em operação no país, as inovações no Aero Boero AB-115/180 se restringiram à partida elétrica e ao uso de rádio e intercomunicador.

Atualmente, apenas 32% do montante original desta aeronave encontram-se em operação. Em vários exemplares faltam componentes importantes, tais como hélice e montante de asa. Por fim, a mais moderna plataforma de instrução em voo no país é o modelo austríaco Diamond DA20C-1 Eclipse, presente na frota do Aeroclube de São Paulo (SP) e na Escola *Born to Fly*, sediada em Porto Alegre (RS).



**Figura 3** - Aero Boero AB-115 (à esquerda) (Autor, 2012) e Diamond DA20-C1 Eclipse (à direita) ([http://www.jakafotografia.com.br/detalhe.php?id\\_foto=8808](http://www.jakafotografia.com.br/detalhe.php?id_foto=8808)).

Para as fases subsequentes de Piloto Comercial e voo por instrumentos (IFR), escolhem-se aeronaves com melhor desempenho e mais recursos em equipamentos. Nesta categoria, pode-se citar o Embraer/Neiva EMB-712 Tupi e o Cessna 172 Skyhawk (Figura 4).

Apesar de apresentarem um custo mais elevado na hora de voo, contam com uma aviônica mais completa, rádios e transponder e possibilitam realizar navegações de maior distância e para aeroportos controlados, condicionando o

<sup>1</sup> O antigo DAC era uma entidade veiculada ao Ministério da Aeronáutica e existiu até meados do ano de 2007, quando então foi absorvido pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

aluno a condições mais reais do tráfego aéreo em grandes cidades.



**Figura 4** - Embraer EMB-712 Tupi (à esquerda) ([http://www.jakafotografia.com.br/detalhe.php?id\\_foto=11361](http://www.jakafotografia.com.br/detalhe.php?id_foto=11361)) e Cessna 172 Skyhawk (à direita) (<https://www.ej.com.br/aeronave/cessna-172-g1000>).

No estágio de multimotores, a aeronave mais utilizada é o Embraer/Neiva EMB-810 Seneca, séries I e II. Assim como o Tupi, este bimotor foi fabricado sob licença da Piper norte-americana durante as décadas de 70 e 80 e equipa boa parte dos aeroclubes brasileiros e pequenas empresas de transporte e táxi aéreo, em função de seu custo operacional inferior aos seus concorrentes de mercado.



**Figura 5** - Embraer EMB-810 Seneca II (<https://www.ej.com.br/aeronave/seneca>).

Desde a última década, uma alternativa que vem sendo adotada é a importação de aeronaves norte-americanas usadas que, após a sua reforma, são colocadas para a instrução de voo. Inúmeras escolas de aviação e aeroclubes tem

adotado o modelo da família Cessna 150/152 para a instrução primária e básica.

Segundo Almeida (2003), o Cessna 150/152 é o melhor substituto para os treinadores argentinos Aero Boero AB-115. O autor destaca que o Cessna 150 é um treinador didático e suficiente para o ensino em todas as fases de treinamento, inclusive na execução de certas manobras anormais, como o parafuso. Ele ainda ressalta que o seu custo operacional é bem inferior aos do Tupi, do Cessna 172 ou mesmo dos Cherokee-140.

Mesmo tendo um custo superior por hora de voo em relação ao P-56 Paulistinha, possui melhor desempenho, aviônica mais completa, conforto e ergonomia na cabine, permitindo ainda seu uso para a etapa de PC e voos por instrumento. Por sua vez, o custo da hora de instrução no Neiva P-56C Paulistinha é mais baixo. Além do mais, no P-56, além da ausência de alguns instrumentos e recursos, o aluno manter o foco nas aptidões e particularidades do voo em si, ao invés de ter que gerenciar muitos instrumentos e parâmetros.

Outra opção foi apresentada pela Aeromot e seu modelo AMT-600 Guri, projeto oriundo do motoplanador Ximango AMT-100. Com sede em Porto Alegre, a empresa gaúcha foi selecionada para fornecer o novo avião de instrução para o DAC ceder aos aeroclubes brasileiros. Contudo este avião apresenta um peso máximo de decolagem (MTOW) superior, de 200 kg a mais, em comparação ao AB-115 e, de acordo com ensaios realizados, apresenta uma certa instabilidade no solo, devido à ausência de comando do trem de pouso do nariz, tendo o tripulante que aplicar, ao mesmo tempo, o pedal e freio para o lado da curva a ser executada.



**Figura 6 - Aeromot AMT-600 Guri (à esquerda)**

(<https://www.jetphotos.com/photo/6481675>) e AMT-100 Ximango (à direita)

([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/USAF\\_TG-14A.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/USAF_TG-14A.JPG)).

Conclui-se por meio deste panorama, a necessidade de avaliar e estudar a situação atual dos aeroclubes e as suas carências quanto à atividade de instrução, no que tange a sua metodologia de ensino e equipamentos disponíveis. Ao analisarmos o estado da aviação de instrução no país percebe-se que diversos dos fatores contribuíram para esta defasagem tecnológica. As sucessivas fases de instabilidade econômica, aliado a falta de apoio da atual entidade gestora do setor, a ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil –, que teima em relegar ao segundo plano a situação da instrução aérea no Brasil, surtem efeito imediato na aviação leve brasileira.

Outro fator a se destacar é a falta de uma opção moderna e de baixo custo operacional disponível no mercado entre os fabricantes brasileiros, apesar dos promissores trabalhos desenvolvidos por centros de pesquisa, como o CEA/UFMG – Centro de Estudos Aeronáuticos da Universidade Federal de Minas Gerais. Para este fim, uma possível e viável solução vem sendo adotada nos Estados Unidos, onde por meio de uma legislação mais flexível, o FAA permite o uso de aeronaves da categoria LSA (*Light Sport Aircraft*) nas fases iniciais de aprendizagem, o que para a realidade do setor no Brasil, reduziria o custo da hora de voo, além de beneficiar a venda dos pequenos fabricantes de aeronaves desta categoria.

### **2.1.3. A Instrução Militar na Academia da Força Aérea**

A história das escolas de formação de aviadores militares no Brasil remonta ao ano de 1913, quando a Escola Brasileira de Aviação foi fundada, no Campo dos Afonsos, no Rio de Janeiro. O objetivo da instituição era propiciar uma formação semelhante àquela disponível nas melhores escolas européias e operava um conjunto de aviões "Blériot" e "Farman", de fabricação francesa. Com o advento da Primeira Guerra Mundial, no entanto, a escola encerrou suas atividades.

À época, tanto o Exército quanto a Marinha do Brasil operavam suas próprias aeronaves, por meio de suas armas aéreas, a Aviação Militar e a Aviação Naval. Hidroaviões Curtiss "F" foram adquiridos pela Marinha em maio de 1916 para equipá-la e, em agosto do mesmo ano, foi criada a Escola de Aviação Naval. O Exército, no entanto, só teve sua Escola de Aviação Militar criada após a guerra, em 10 de julho de 1919. Entre os aviões que foram utilizados para o treinamento de

aviadores nessa escola, destacam-se os Sopwith 1A2, Bréguet 14A2 e Spad 7 (DA CUNHA, 2019).



**Figura 7-** Escola de Aviação Militar no ano de 1919

(<https://www.aereo.jor.br/2012/05/02/100-anos-do-campo-dos-afonsos/>).

Até o início da década de 1940, ambas as escolas continuaram as suas atividades. O governo brasileiro, no entanto, atento a necessidade da formação de novos oficiais aviadores em virtude das campanhas na Europa e na Patrulha do Atlântico, optou por amalgamar sob um único comando as atividades aeronáuticas militares, criando o Ministério da Aeronáutica a 20 de janeiro de 1941 e extinguindo as aviações Militar e Naval, cujos efetivos e equipamentos passaram a formar a Força Aérea Brasileira. Por conseguinte, no dia 25 de março de 1941, as atividades das escolas de formação de pilotos militares foram encerradas, e criou-se a Escola de Aeronáutica, localizada no Campo dos Afonsos, cujos integrantes passaram a ser designados como Cadetes da Aeronáutica a partir de 1943.

Com o passar dos anos, a proximidade do intenso tráfego aéreo da cidade do Rio de Janeiro e seus arredores já não propiciava a área necessária à formação dos aviadores. Era preciso um espaço aéreo mais amplo e dedicado para a realização da árdua tarefa da instrução de voo para pilotos militares. Vale ressaltar que no dia 10 de julho de 1969, a Escola de Aeronáutica passou a se chamar Academia da Força Aérea.



**Figura 8** - Brasão da Academia da Força Aérea

([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/fff/Academia\\_da\\_For%C3%A7a\\_A%C3%A9rea.gif](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/fff/Academia_da_For%C3%A7a_A%C3%A9rea.gif)).

Assim, no dia 23 de outubro de 1971, após muitos estudos e obras efetuadas nos anos anteriores, a Academia da Força Aérea foi transferida para Pirassununga, em uma extensa e bela área campestre do estado de São Paulo, a cerca de 200 km da capital. A AFA dispõe de uma área total, bastante expressiva, de 65 km<sup>2</sup> num perímetro de 38 km, abrigando áreas residenciais e áreas administrativas onde trabalham 2670 pessoas, entre civis e militares.



**Figura 9** - Imagem aérea da Academia da Força Aérea

([http://turma69.com/fotos\\_afa](http://turma69.com/fotos_afa)).

De acordo com a especialização escolhida, ao ingressar na instituição o cadete receberá uma instrução diferenciada:

- **Aviadores:** instrução em manobras de precisão, acrobacias, voos de formatura e por instrumentos nas aeronaves Neiva T-25 Universal (fabricado pela Indústria Aeronáutica Neiva LTDA) e Embraer T-27 Tucano. O programa de instrução do curso de CFOAV (Curso de Formação de Oficiais Aviadores) será visto detalhadamente logo adiante.
- **Intendentes:** treinamento na ciência e tecnologia moderna da gestão econômico-financeira e serviços de especializados de intendência e suprimento técnico.
- **Infantaria da Aeronáutica:** instrução em métodos de defesa e segurança de instalações militares, emprego de defesa antiaérea de aeródromos e sítios, comando de frações de tropas e de equipes contra incêndio, legislação militar, emprego de armamento, serviço militar e mobilização.

A seleção para cadete aviador é realizada por duas modalidades: o concurso direto – exame intelectual abrangendo matérias como Português, Matemática, Física e Língua Inglesa) –, ou pelo curso da Escola Preparatória de Cadetes do Ar (EPCAR) localizada em Barbacena, em Minas Gerais. O aluno da EPCAR, tendo alcançado todos os parâmetros exigidos pela escola, estará automaticamente selecionado para cursar os quatro anos da AFA.

Posteriormente, todos os cadetes são submetidos a um exame de saúde e aptidão psicológica e devem efetuar um teste conhecido por TAPMIL (Teste de Aptidão à Pilotagem Militar). O objetivo do programa é confirmar se o futuro aluno possui as qualidades e aptidões necessárias à pilotagem militar, antes de iniciar o curso. Assim, reduz-se a necessidade de investimento na formação de um indivíduo que poderá não se adaptar às condições de voo, o que traz uma grande economia à FAB.

Na época de sua transferência, o Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAV) tinha a duração de apenas três anos, sendo os dois primeiros realizados nos aviões holandeses Fokker T-21 e T-22 (Figura 10), para o treinamento básico e

primário, completando a sua instrução avançada nos jatos Cessna T-37C Tweety Bird (Figura 12). Mais tarde foram substituídos, respectivamente, pelos modelos brasileiros Aerotec T-23 Uirapuru e Neiva T-25 Universal. Os jatos norte-americanos entraram em operação durante o ano de 1968, em substituição aos então obsoletos monomotores North American T-6 Texan, e voaram na Academia da Força Aérea até 1979. O Embraer T-27 Tucano, criado para substituir os T-37, entrou em operação no dia 01 de julho de 1984, o T-25 Universal foi usado na instrução avançada.



**Figura 10** - Fokker T-21 (à esquerda)

([http://airport.com.br/airport/fotos/7t21\\_barra.jpg](http://airport.com.br/airport/fotos/7t21_barra.jpg)) e T-22 (à direita)

(<https://www.jetphotos.com/photo/6848101>).



**Figura 11** - North American T-6 Texan (à esquerda) (<https://www.aereo.jor.br/wp-content/uploads/2011/02/T-6G-1262-CTA.jpg>) e Aerotec T-23 Uirapuru (à direita)

([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/a/ab/Uirapuru\\_voa.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/a/ab/Uirapuru_voa.jpg)).





**Figura 12 - Cessna T-37C Tweety Bird (à esquerda)**

(<http://www.rudnei.cunha.nom.br/FAB/br/t-37c.html>) e seu sucessor, o Embraer T-27 Tucano (à direita) (<https://airway.uol.com.br/primeiro-voe-do-embraer-tucano-completa-35-anos/>).

Atualmente, o curso de formação de oficiais aviadores tem quatro anos de duração, num total de 134 disciplinas ao longo da graduação, tudo coordenado pela Divisão de Ensino que, aliado ao Corpo de Cadetes e a Divisão de Instrução de Voo, são responsáveis pela formação dos cadetes. A Divisão de Instrução de Voo encarrega-se da teoria e prática com cursos de aerodinâmica, propulsão a jato, navegação aérea, tráfego aéreo, inglês técnico e meteorologia.

Há de se ressaltar que na aviação militar, o nome das fases e os cursos são diferentes. Para este trabalho, utilizar-se-á a divisão comumente adotada e encontrada nas bibliografias do meio. Logo, têm-se as quatro fases definidas de treinamento:

- (1) Primário;
- (2) Básico;
- (3) Avançado; e,
- (4) Operacional.

Kovács faz uma análise nos programas de treinamento de vários países e cita que:

Mesmo no currículo (*syllabus*) geral, nota-se uma acentuada discordância e não uniformidade de tempos e tipos de avião de instrução, confirmando mais uma vez a subjetividade do assunto. Como média conveniente, achamos a divisão de tempos de voo – 40 horas iniciais de instrução

primária, mais três vezes 120 horas, sendo instrução básica, avançada e de esquadrão respectivamente, sendo, portanto, 280 horas de voo propriamente para a formação uniforme dos pilotos e total de 400 horas para o piloto de combate ficar apto para a missão real (KOVÁCS, 1996, p. 3).

Segundo o mesmo autor, o programa deve ser feito utilizando-se três tipos de aviões de treinamento. No entanto, em virtude da proximidade de características entre as missões da instrução primária e básica, e aspectos ligados ao nível de investimento com que cada nação atende as suas forças armadas, somado aos custos de aquisição, operação e manutenção, opta-se por uma ou duas aeronaves para desempenhar essas duas funções. Desse modo, o programa de voo dos cadetes da Academia da Força Aérea é dividido em dois períodos:

- 2º Ano – Estágio Primário de Pilotagem Militar: neste período o cadete voa, em média, de 50 a 75 horas, nas aeronaves Neiva T-25 Universal, pertencentes ao 2º EIA – Segundo Esquadrão de Instrução Aérea (Esquadrão Apolo) e possui quatro Esquadrilhas: Orion, Centaurus, Aquila e Leo.



**Figura 13** - Brasão e aeronave T-25 Universal utilizada pelo 2º EIA (<http://www2.fab.mil.br/eda/index.php/2015-04-24-14-30-17?id=149>).

- 4º Ano – Estágio Básico de Pilotagem Militar: neste período o cadete voa, em média, de 90 a 125 horas, nas aeronaves Embraer T-27 Tucano, pertencentes ao 1º EIA – Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea (Esquadrão Cometa) e possui quatro Esquadrilhas: Antares, Castor, Sirius e Vega.



**Figura 14** - Brasão e aeronave T-27 Tucano utilizada pelo 1º EIA (<http://www.rudnei.cunha.nom.br/FAB/br/t-27.html>).

Ao final deste período de formação, os novos pilotos saem da Academia da Força Aérea como Aspirantes a Oficial Aviador, seguindo para a ALA 10, em Natal, no Rio Grande do Norte. Lá eles voarão no Esquadrão Joker (Segundo Esquadrão do Quinto Grupo de Aviação - 2º/5º GAv), Esquadrão Rumba (1º Esquadrão do 5º Grupo de Aviação - 1º/5º GAv) e Esquadrão Gavião (Primeiro Esquadrão do Décimo Primeiro Grupo de Aviação - 1º/11º GAv), tornando-se mais tarde, pilotos de caça e ataque, transporte e patrulha ou de asas rotativas.



**Figura 15** - Embraer AT-29 Super Tucano (à esquerda) (<https://airway.uol.com.br/as-aeronaves-de-combate-das-forcas-armadas-brasileiras/>), Embraer C-95M Bandeirante (ao centro) ([http://www.fab.mil.br/noticias/tag/C-95\\_Bandeirante](http://www.fab.mil.br/noticias/tag/C-95_Bandeirante)) e Helibras HB-350 Esquilo (à direita) (<http://www.fab.mil.br/fotos>).

Como o objetivo deste trabalho é analisar e propor um novo vetor de treinamento que venha a substituir o T-25 Universal na frota da AFA, dar-se-á uma ênfase maior no estágio de formação no qual a aeronave se insere. Em vista disso, o Estágio Primário constitui-se das seguintes fases:

- Fase Pré-Solo: o cadete aprenderá a pilotar a aeronave e serão treinadas manobras básicas de voo, tais como manter a aeronave nivelada, a condução do voo seguro, decolagens, pousos e arremetidas. Composta por 12 missões mais um voo de cheque, num total de 13 horas e 15 minutos.
- Fase Manobras e Acrobacias: composta por 10 missões, com duração de uma hora cada. São realizadas manobras de recuperação de atitudes anormais, glissada, curva de grande inclinação, *tounneaux* lento, oito preguiçoso, *looping*, *retournement* e *tounneaux* barril, portanto, manobras mais arrojadas visando o preparo do piloto militar.
- Fase Formatura: o cadete é treinado para voar em ala, sendo realizada com duas aeronaves e em oito missões até o cheque de fase.
- Fase Navegação: o cadete efetua voos de navegação em perfil “altante” (maiores altitudes). As duas primeiras de uma hora, efetuadas na área de instrução. A terceira constituindo numa viagem de ida e volta para Barbacena, sede da EPCAR. E, na última missão, também na área de instrução.

Conforme Zanuzzi (2017), atualmente, a frota de T-25 na FAB é composta de 35 unidades, sendo divididas em dois tipos: 16 aeronaves T-25A e 19 aeronaves T-25C. A diferença entre as duas versões reside na atualização do painel de instrumentos. Segundo o Manual de Manutenção da aeronave T-25 Universal, somente a aeronave T-25C está preparada para a navegação IFR, pois contém o sistema de posicionamento global (GPS) a mais que o outro tipo.

No momento não há nenhuma previsão de modernização da frota e novas aquisições antes de 2025. Na década passada, o então CTA (Centro Tecnológico de Aeronáutica, atual DCTA) estimava a extensão da vida útil do Universal até o ano de 2020, com base na medição de esforços estruturais de quatro aeronaves.



**Figura 16** - Frota de aeronaves Neiva T-25 Universal do 1º EIA.

Existem apenas estudos a respeito de outros modelos de aviões de instrução que possam cumprir com êxito a missão de treinamento primário. Mas entre os modelos disponíveis no mercado mundial, muitos destes possuem um conceito de projeto e configurações bem semelhantes à do Universal, diferindo apenas em quesito de motorização (motor a pistão ou turboélice), aviônicos instalados e na disposição dos assentos.

Nesse sentido, muito se questiona qual seria a melhor disposição de assentos para instrutor e aluno, se lado a lado ou em tandem. Segundo Ribeiro, há um consenso entre os instrutores da Academia:

Para o cadete do 2º ano, que está sendo iniciado na pilotagem militar, o ideal seria ter o instrutor ao seu lado, o que lhe confere maior confiança, além de ser adequado ao instrutor para verificar a postura do cadete aluno. Já para o cadete do 4º ano, o assento em tandem seria o adequado, preparando o cadete para futuros voos em aeronaves (caças) de maior desempenho (RIBEIRO, 2014, p. 59 e 60).

Portanto, nota-se, então, que os diversos equipamentos destinados para a atividade de instrução, devem objetivar uma melhor adaptação do aluno ao currículo de manobras e absorção dos conhecimentos relativos a ciência do voo. Obviamente em termos operacionais, tem-se o fator custo benefício de cada aeronave, desde a sua aquisição, suprimento e manutenção.

Expandindo o universo dessa análise, alguns fabricantes de aeronaves veem a possibilidade de adotar um só vetor para as fases de instrução básica, primária e avançada, tanto na aviação civil e militar, compartilhando uma doutrina comum em nível de treinamento primário, garantindo a fusão dos conhecimentos e experiências. Há um consenso das necessidades entre instrutores dos aeroclubes e da Academia da Força Aérea, para a criação de uma metodologia padrão, atualizada, mais eficiente e didática, sanando as deficiências de material de apoio ao aprendizado, nas quais o avião de treinamento desempenha papel fundamental.

Em um país com um expressivo parque industrial e com várias faculdades na área da engenharia aeronáutica, pode-se vislumbrar um aparelho de fabricação nacional, com capacidades polivalentes e inovadoras, a exemplo do Embraer T-27 Tucano, sucesso mundial de exportação e que ditou novos paradigmas na formação de pilotos militares.

#### **2.1.4. Panorama das Aeronaves de Instrução Militar na América Latina**

As aquisições de equipamento militar envolvem uma série de variáveis, desde a qualidade e capacidade operacional do produto e considerando o baixo custo de manutenção e operação. Outro fator de grande peso na tomada de decisão é a vida útil da célula e sua versatilidade, no que tange a futuras atualizações e modernizações.

No cenário latino-americano, as sucessivas crises econômicas e a instabilidade política de vários países da região afetaram, sobretudo, o rearmamento de cada uma das suas armas. O panorama pode ser ainda mais árido em estados mais pobres. Contudo notou-se que, na última década algumas aquisições foram feitas, visando a substituição de aeronaves mais antigas e para adequação da formação dos novos aviadores à realidade das novas aeronaves, que entrarão em operação nos próximos anos.

A Argentina, por exemplo, desde o fim da Guerra das Malvinas, tem dado passos tímidos, não contemplando grandes investimentos no reequipamento das suas forças armadas. Importantes programas de modernização de algumas aeronaves foram relegados ao esquecimento, em função da grave crise fiscal enfrentada pelo país. As ações se restringem apenas à manutenção e à

recuperação de parte dos materiais retirados de serviço, por falta de peças de reposição, ou em inúmeros casos, canibalizando outras aeronaves estocadas para manterem as demais em condições operacionais.

Este cenário, porém, se alterou nesta última década com a chegada dos modelos Tecnam P2000J Sierra e Grob G120TP (Figura 17) – de fabricação italiana e alemã, em respectivo – para a instrução primária e básica, em 2016; e, do turboélice norte-americano Beechcraft T-6C Texan II (Figura 18) para a instrução avançada, em 2017. Tanto o monomotor alemão, quanto o T-6C, também foram adquiridos pela Força Aérea e Aviação Naval Mexicana. Mesmo tendo uma aviação de combate com poucas células plenamente operacionais, nos dias atuais a Argentina possui a mais moderna frota de aeronaves de instrução na América do Sul.



**Figura 17 - Tecnam P2000 Sierra (à esquerda)**

(<http://www.cavok.com.br/blog/tecnam-fornece-treinador-de-baixo-custo-para-a-argentina/>) e Grob G120TP (à direita) ([https://www.taringa.net/+noticias/nuevas-aeronaves-de-entrenamiento-para-argentina\\_gu9id](https://www.taringa.net/+noticias/nuevas-aeronaves-de-entrenamiento-para-argentina_gu9id)).

A Bolívia, embora tenha experimentado resultados positivos nos anos de 2007 e 2008, decorrentes de um superávit causado pela recuperação do preço dos hidrocarbonetos, continua com sérios problemas econômicos. Os pilares de sua instrução primária são os monomotores brasileiros Aerotec T-23 Uirapuru e Neiva T-25 Universal, estes doados pelo Brasil e com tecnologia da década de 60. Contudo, para a instrução básica, foram adquiridos no ano de 2010, nove exemplares do moderno avião austríaco Diamond DA40 (Figura 18), elevando o nível de formação dos alunos do Colégio de Aviação Militar.

Do mesmo fabricante Diamond, o modelo de quatro lugares DA40 está presente na escola da Aviação Militar Nacional Bolivariana de Venezuela, que conta também com o bimotor DA42, a partir de 2014. Entretanto, com o agravamento das condições socioeconômicas do país vizinho, não se sabe do estado destas aeronaves e quantas encontram-se operacionais. O Equador, seguindo esta tendência, utiliza o modelo biplace DA20 na Escola Superior Militar de Aviação (ESMA), desde 2012.



**Figura 18** - Beechcraft T-6C Texan II (à esquerda)

(<http://www.cavok.com.br/blog/forca-aerea-argentina-deve-receber-mais-quatro-t-6c-ate-o-final-deste-ano/>) e Diamond DA40 (à direita)

(<https://abpic.co.uk/pictures/view/1250974/>).

Curiosamente, em algumas forças aéreas latino-americanas há uma miscelânea de aeronaves treinadoras originalmente civis. Nas fases iniciais de instrução percebe-se uma predominância de aeronaves do fabricante Cessna, sendo o principal modelo o C-172 Skyhawk e o 150/152 Aerobat. Outros modelos adotados são os monomotores checos Zlin (Z-142/242 e Z-326) e Maule MT-7-235 Super Rocket (Figura 19), presentes em alguns países, no caso do México, Equador e Honduras.

O propósito de dissertar sobre a frota de aeronaves treinadoras é analisar que, boa parte das outras aeronaves empregadas na sequência do treinamento básico em alguns países está chegando ao final de suas vidas operacionais. Como exemplo, na América Latina uma grande parcela da frota é constituída dos modelos Neiva T-25 Universal e Beechcraft T-34 A/B/C Mentor (Figura 20), em operação a mais de 40 anos. Com a escassez gradual de peças sobressalentes e defasagem



tecnológica, estes aviões poderiam ser substituídos por aeronaves mais leves, ao menos na porção primário/básica da instrução.



**Figura 19** - Zlin Z-242 (à esquerda) (<https://www.airliners.net/photo/Peru-Air-Force/Zlin-Z-242L/932253>) e Maule MT-7-235 Star Rocket (à direita) (<https://abpic.co.uk/pictures/operator/Mexican%20Navy>).

Entre os fabricantes de aeronaves sul-americanos, no momento atual não há uma solução de mercado moderna para a Força Aérea Brasileira e países vizinhos. A única possível solução é o treinador chileno ENAER T-35 Pillán (Figura 20), produzido pela Empresa Nacional de Aeronáutica de Chile. Com um desenho que lembra a série dos aviões Piper, está presente em sete países no continente, sendo também operado pela Força Aérea Espanhola.



**Figura 20** - Beechcraft T-34 Mentor (à esquerda) (<https://www.airliners.net/photo/Uruguay-Navy/Beech-T-34B-Mentor-D45/4393589>) e ENAER T-35 Pillán (à direita) ([http://www.aviationcorner.net/show\\_photo\\_en.asp?id=468082](http://www.aviationcorner.net/show_photo_en.asp?id=468082)).

Em 1978 a Indústria Aeronáutica Aerotec S/A, de São José dos Campos, viria desenvolver um sucessor para o seu T-23 Uirapuru. Designado por YT-17 Tangará, mostrou excelente resultados nos testes estáticos e em voo, sanando as graves deficiências do T-23. Porém, mudanças na sistemática de treinamento da FAB tornariam o T-25 Universal como a aeronave substituta do T-23, somado a rumores de que a FAB almejava um novo treinador básico com a mesma disposição dos assentos do T-27 Tucano, dando origem ao A-135 Guará (Figura 21). Após enfrentar uma série crise financeira, a empresa faliu em 1985.



**Figura 21 - Aerotec A-123 Tangará (à esquerda)**

(<http://www.basemilitar.com.br/forum/viewtopic.php?f=6&t=3971&p=162644>) e

Aerotec T-135 Guará (à direita)

(<https://desarrolloydefensa.blogspot.com/2009/05/una-copia-brasilena-del-avion-t-35.html>).

No ano de 2014, a então União Sul-americana de Nações (Unasul) lançou a proposta do IA-73 “Unasúr I”, uma tentativa regional de um treinador básico para atender as necessidades futuras das escolas de aviação militar destes países. O programa, financiado pelo BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) teria a participação brasileira de quatro empresas: Novaer Craft, Akaer Engenharia, *Flight Technologies* e *Avionics*, envolvidas em 62% dos subsistemas.



**Figura 22** – Infográfico (à esquerda) (<https://www.aereo.jor.br/2013/05/19/treinador-ia-73-unasur-i-imagens-com-motor-a-pistao-ou-turboelice/>) e *mock up* da aeronave IA-73 Unasur I (à direita) (<https://www.aereo.jor.br/2013/12/02/maquete-11-do-unasul-i/>).

No entanto, a proposta não logrou êxito. Em 2015, a Fábrica Argentina de Aviones “Brigadier San Martín” (FAdeA), subordinada ao Ministério de Defesa da Argentina, renunciou definitivamente ao projeto, em virtude da maioria dos países terem adquirido aeronaves de outros modelos, ficando o potencial de vendas restrito a menos de 50 aeronaves, quantidade mínima abaixo para assegurar a rentabilidade do projeto.



**Figura 23** - Novaer T-Xc (à esquerda) (<http://www.cavok.com.br/blog/aeronave-t-xc-da-novaer-realiza-com-sucesso-seu-primeiro-vo/>) e Novaer Calidus B-250 Bader (à direita) (<https://www.aereo.jor.br/2018/02/06/dificuldades-da-novaer-com-seus-parceiros-arabes-no-b-250/>).

No mesmo período, a empresa são-joseense Novaer Craft, apresentava o conceito de uma aeronave nacional de treinamento/utilitária moderna, capaz de atender tanto ao mercado civil como ao militar. Porém, devido a “infidelidade contratual” de seu principal cliente e parceiro industrial, a empresa Calidus LLC, dos Emirados Árabes Unidos anunciou a demissão de um número superior a 150 funcionários, em fevereiro de 2018. Os protótipos do T-Xc e de seu turboélice de ataque leve e treinamento avançado B-250 Bader, até foram levados para exposição no Dubai Air Show de 2017, não mais retornando ao Brasil.

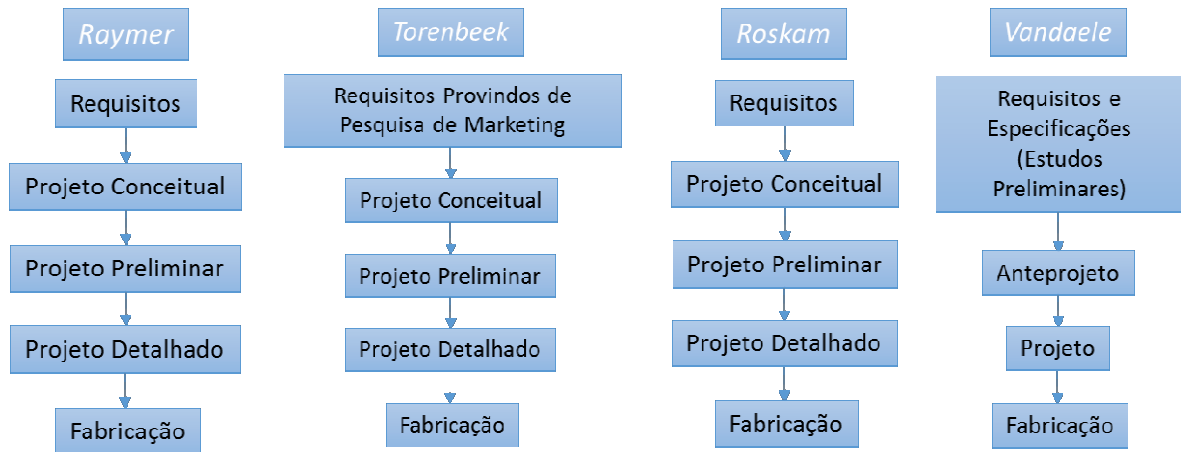
Para mais detalhes acerca da frota dos principais países Latino-americanos, no Apêndice 1 temos uma tabela com dados atualizados dos tipos de aeronaves empregados para a instrução: Primária. Básica e Avançada (p. 116).

## **2.2. Fundamentos de Projeto Aeronáutico**

Segundo Barros, no princípio da construção aeronáutica, o desenvolvimento de uma aeronave se dava, usualmente, de modo simples e espontâneo, com as atividades surgindo aleatoriamente, sem qualquer planejamento. A atenção permanecia centrada em chegar ao produto final, sem qualquer preocupação com os passos a serem executados. Não havia uma metodologia de desenvolvimento de projeto, pois as aeronaves da época eram relativamente simples.

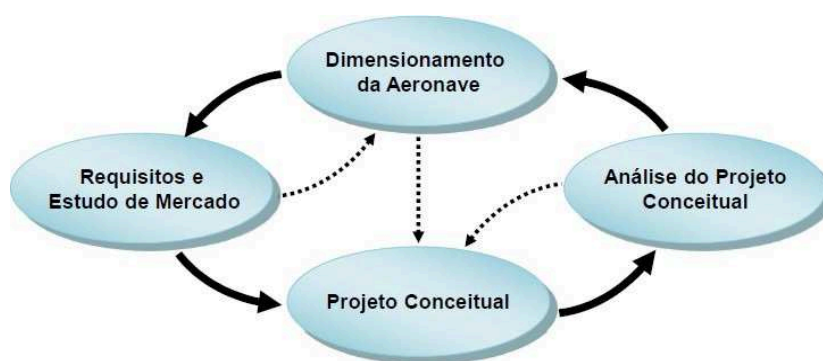
À medida que evoluíram em complexidade, surgiu a necessidade de se estabelecer uma metodologia lógica, sequencial e ordenada, no intuito de evitarem atrasos e prejuízos. Diversos fabricantes e institutos de pesquisa passaram, então, a criar filosofias de trabalho, utilizando técnicas de gerenciamento, aproveitando melhor os recursos humanos e os materiais disponíveis.

No meio acadêmico, as universidades deram origem às bibliografias e aos cursos de Engenharia Aeronáutica. De acordo com Barros (2001), a literatura aeronáutica destaca quatro autores e suas respectivas metodologias: Raymer, Torenbeek, Roskan e Vandaele. Basicamente, estas são divididas nas seguintes etapas:



**Figura 24** - Principais Metodologias de Projeto da Atualidade (Autor, 2019).

Daniel Raymer, norte-americano, em seu livro "*Aircraft Design: A Conceptual Approach*", estabeleceu o conceito da Roda de Projeto. Este conceito se consiste num ciclo em que as fases de projeto são realimentadas a cada instante, tornando o processo iterativo, ou seja, os valores são calculados a cada análise, porém tendo como ponto de partida os "Requisitos e Estudos de Mercado". O autor defende que normalmente a fase de projeto conceitual inicia-se a partir de um grupo de requisitos estabelecidos pelo futuro usuário (grandes empresas aéreas ou órgãos ligados às forças armadas) ou de uma suposição do fabricante acerca das necessidades do usuário no futuro.



**Figura 25** - A Roda de Projeto de Raymer (Autor, 2018).

Torenbeek, professor holandês da *Delft University of Technology*, apresenta uma metodologia mais direcionada ao desenvolvimento de aeronaves médias e de grande porte. Defende que todas as ideias devem ser analisadas, porém as que

trarão resultados mais encorajadores, tanto do ponto de vista tecnológico quanto pelas projeções mercadológicas, serão adotadas ao longo do programa de desenvolvimento de um novo produto. Caso o mercado mostre receptivo ao projeto e assegurado o aporte financeiro, é dada a ordem de prosseguimento no desenvolvimento ("*go-ahead approval*") e inicia-se a construção dos protótipos.

Um aspecto importante ressaltado por Torenbeek é o projetista poder ter boas ideias e que podem surgir não como resultado de um esforço persistente, mas espontaneamente. Por fim, propõe o uso de Tabelas Comparativas e sessões de "*brainstorming*" entre todos os integrantes da equipe de projetos, formada não somente por engenheiros, mas também por uma equipe multidisciplinar.

Jan Roskam, norte-americano e aluno de Torenbeek e professor da *University of Kansas*, apresenta uma linha de raciocínio semelhante a metodologia de seu tutor. Parte do princípio de que a especificação de missão da aeronave deve estar disponível antes de se iniciar os estudos preliminares e o desenvolvimento pleno do projeto, assim como os parâmetros que definem esta especificação, por exemplo: carga útil e tipos de carga, alcance e reservas de combustível, envelope operacional, comprimento de pista para pousos e decolagens e normas de certificação, entre outras.

René Marie Vandaele, professor belga, radicou-se no Brasil e atuou no Instituto Tecnológico de Aeronáutica, em São José dos Campos, de 1950 a 1974. Sua metodologia é direcionada a aeronaves pequenas e de médio porte operando em regime subsônico. Com uma linha de pensamento semelhante à de Roskam, em sua filosofia de projeto durante o Estudo Preliminar considera fundamental o conhecimento de seus requisitos e especificações, geralmente elaborados pelo futuro usuário, ou pelo fabricante da aeronave ou por ambos e, na maioria dos casos, com a colaboração do governo.

De acordo com Kovács (1986), o desenvolvimento de aeronaves é uma atividade "diretamente influenciada pelas características e desempenho dos aviões existentes e disponíveis". Embora, conforme menciona Kovács (1986), "os projetistas - de vocação - são e devem ser espontaneamente, instintivamente e entusiasticamente inovadores", nenhuma concepção de aeronave parte do nada. O exame aprofundado do estado da arte, isto é, do universo das aeronaves existentes, é fundamental para o novo projeto.

Para este fim, é conveniente a elaboração de tabelas, gráficos, fichas, etc., nos quais comparecem uma série de aeronaves a serem analisadas com suas características básicas: dimensões, áreas, pesos, parâmetros de desempenho, perfis utilizados, potência e tipo de motor, materiais empregados, etc. O objetivo deste levantamento não é “engessar” o projeto, mas permitir que, através de comparações, percebam-se algumas tendências, podendo-se assim extrapolar alguns parâmetros visando obter um produto melhor nas características que se busca otimizar.

De acordo com os autores descritos acima, presume-se o êxito de um projeto se baseia num consistente estudo de mercado, junto aos futuros clientes e potenciais operadores. Todavia, a aplicação de Métodos Comparativos não se restringe, apenas, à criação de um novo produto. Podem ser uma ferramenta para análise entre aeronaves de uma mesma categoria e orientar o cliente na escolha por uma aeronave melhor que atenda às suas necessidades operacionais.

Conforme veremos no capítulo três, serão comparados doze modelos de aviões militares de treinamento primário que possam ser adquiridos pela Força Aérea Brasileira. Nesta etapa são levantados alguns parâmetros de projeto de cada aeronave e confrontados, visando a obtenção da melhor plataforma para a realização da missão de instrução em voo no 2º EIA. Há de se considerar, inclusive, qualidades técnicas não quantificáveis, mas subjetivas, como o custo de aquisição, de operação e manutenção de cada proposta levantada.

### **2.2.1. Fases de um Projeto Aeronáutico**

A partir da leitura das metodologias acima, podemos descrever as etapas de desenvolvimento de um projeto aeronáutico, de acordo com a sequência descrita a seguir. Em função da natureza interativa e cíclica entre algumas fases é perceptível que algumas se sobrepõem, possibilitando que possíveis falhas sejam sanadas no decorrer de qualquer de seu amadurecimento. Por fim, ao longo de todo o processo é vital que todas as atividades sejam documentadas.



**Figura 26** - Etapas de um projeto aeronáutico (Autor, 2018).

Na tabela a seguir tem-se uma síntese das fases de desenvolvimento de um projeto aeronáutico, assim como a descrição de suas respectivas atividades:

**Tabela 1** - Síntese das fases de desenvolvimento de um projeto aeronáutico.

<b>Estudo de Viabilidade – Fase 0</b>	<b>Projeto Conceitual – Fase 1</b>	<b>Projeto Preliminar – Fase 2</b>	<b>Projeto Detalhado – Fase 3</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requisitos e Especificações;</li> <li>• Análise da viabilidade técnica, econômica e comercial da aeronave;</li> <li>• Estudos de mercado, tecnologias a serem empregadas e possíveis configurações; e,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimativas geométricas e de desempenho através de estudos paramétricos (tabelas, gráficos e tendências históricas);</li> <li>• Método comparativo;</li> <li>• Estimativas prévias de estabilidade e</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimativa de massa;</li> <li>• Análise aerodinâmica (curva de polar, performance);</li> <li>• “Layout” do trem de pouso;</li> <li>• Aperfeiçoamentos aerodinâmicos (<i>Flap design</i>);</li> <li>• Análise de cargas e estruturas e determinação do CG e Inércia;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projeto de sistemas;</li> <li>• Dimensionamento e projeto de peças;</li> <li>• “<i>Layout</i>” detalhado da aeronave (desenhos em CAD 2D e 3D);</li> <li>• Desenho de montagem;</li> <li>• Desenho do organograma de manutenção;</li> <li>• Planejamento dos</li> </ul>



---

<ul style="list-style-type: none"> <li>•Elaboração de Tabelas Comparativas.</li> </ul>	<p>controle.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaios em túneis de vento ou ambiente CFD;</li> <li>• Uso de materiais; e,</li> <li>• “<i>Layout</i>” da aeronave completa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimativas de Estabilidade e Controle Longitudinais; e,</li> <li>• Simulação de voo.</li> </ul>	<p>processos de fabricação.</p>
--	---	---	---------------------------------

---

### 2.2.2. Filosofias de Projeto

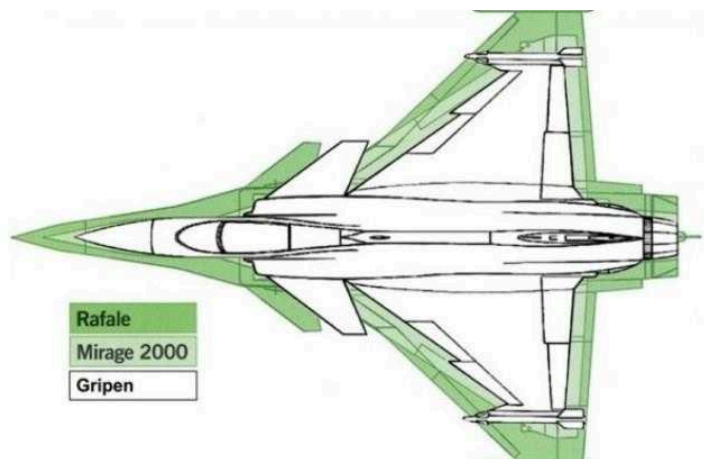
Segundo Barros (2001), existem duas correntes de pensamento para o projeto de uma aeronave. Estas filosofias destacam-se dois conceitos importantes, denominados de Solução Mínima e Solução Livre, descritos a seguir.

O conceito de Solução Mínima, defendido por muitos projetistas (especialmente da corrente européia), se baseia no pressuposto de que a aeronave de apresentar o menor peso possível e seja capaz de atender à missão para qual é destinada. Kovács (1986), explana este conceito ao afirmar que a aeronave deve ser a “a mais enxuta, a mais espartana possível” e, esta corrente de pensamento se baseia em quatro pilares básicos:

- (1) Assegurar baixo peso (almejar pequeno tamanho e simplicidade);
- (2) Restringir os equipamentos, para o nível da necessidade operacional;
- (3) Combinar – quando e onde possível, mais de uma função (de preferência alternando), para o maior número possível de componentes do avião; e,
- (4) Adotar grupo motopropulsor com dimensões reduzidas, de peso e consumo específico baixos.

Nos dias atuais é possível garantir confiabilidade e leveza de componentes estruturais. Os materiais compósitos, (por exemplo, os tecidos de fibra de Carbono, unidos por meio de uma matriz de resina polimérica epóxi), tem uma relação de peso muito inferior em relação a algumas ligas metálicas, além de apresentar uma maior resistência mecânica, menor desgaste e sofrem menos os efeitos da corrosão. Dessa maneira, os projetos atuais têm migrado gradativamente para esta matéria-prima, indo ao encontro do princípio da Solução Mínima.

O aspecto dimensional também é facilitado por esta redução de peso. Partindo deste princípio, uma menor área de asa, pode gerar uma menor sustentação, porém sabe-se que as asas contribuem em uma parcela considerável na dimensão e no peso final dos aviões. A própria ergonomia da cabine pode ser otimizada, fazendo com que o piloto seja envolvido pela nacele; neste caso; os comandos sem fios e os modernos equipamentos também contribuem.



**Figura 27** - Comparativo dimensional entre as aeronaves de caça Dassault Rafale, Mirage 2000 e Saab Gripen (<http://www.cavok.com.br/blog/poder-sueco-saab-j-39-gripen/>).

Em relação ao segundo item, a evolução da tecnologia eletrônica embarcada e da informática trouxe a condição de termos equipamentos com múltiplas funções, integração de comunicação e navegação, gerenciamento de atividades da cabine, aliado a um baixíssimo peso e a um elevado grau de confiabilidade. Segundo Katsanos (2008), estas diferenças são perceptíveis até mesmo entre os modernos vetores de combate de quarta/quinta geração, oriundos de um mesmo fabricante (Figura 28).

O novo caça da Força Aérea Brasileira – Gripen NG, contará com o display panorâmico – WAD (*Wide Area Display*) –, fornecido pela empresa gaúcha AEL Sistemas, que otimiza a apresentação de simbologias/imagens de alta resolução e permite a operação pelo manche/manete (HOTAS) e/ou diretamente na tela (*touchscreen*). As aplicações de software são projetadas para ampliar a capacidade da aeronave através de fusão de dados e aumentar a visualização da arena de combate (alvos terrestres e aéreos), simplificando o processo decisório do piloto e tornando a operação da aeronave mais eficiente.



**Figura 28** - Comparativo entre os *cockpits* das versões C/D (à esquerda) (<http://www.cavok.com.br/blog/poder-sueco-saab-j-39-gripen/>) e E/F do caça Saab Gripen (à direita) (<https://www.aereo.ior.br/2018/04/12/defexpo-na-india-saab-apresenta-wad-no-simulador-do-caca-gripen-e/>).

Mas as adoções destas tecnologias não se restringem apenas ao campo militar. Os fabricantes de aviões leves e desportivos vem adotando instrumentos digitais, telas de cristal líquido, monitores multifuncionais, integrando a navegação à comunicação e aos instrumentos de motor. A Cirrus Aircraft, inovou fortemente o mercado aeronáutico mundial ao introduzir simultaneamente ousados conceitos de engenharia aeronáutica em suas aeronaves. No modelo Cirrus SR22 (Figura 29), o fabricante disponibilizou o sistema de navegação EFIS (*Electronic Flight Instrument System*), com as telas PFD (*Primary Flight Display*) e MFD (*Multi Function Display*),

que simplificam a navegação e reduzem a carga de trabalho do piloto, tornando as viagens mais seguras e tranquilas.

Para uma maior segurança de voo, a asa conta com várias torções ao longo da envergadura, para redução do estol em baixas velocidades. A sua longarina é confeccionada em fibra de carbono e na fuselagem e nas superfícies aerodinâmicas da aeronave há o extensivo uso de material composto (fibra de vidro e resina), resultando em um conjunto mais leve e mais resistente que aeronaves construídas basicamente em alumínio e ligas metálicas.



**Figura 29** - Cirrus SR22 (à esquerda) ([https://pt.wikipedia.org/wiki/Cirrus\\_SR22](https://pt.wikipedia.org/wiki/Cirrus_SR22)) e seu cockpit (à direita) (<https://www.flyingmag.com/we-fly-cirrus-sr22-g6#page-4>).

Em contraposição ao conceito Solução Mínima pode-se definir o conceito Solução Livre, quando toda aeronave é projetada sem a preocupação em atender os quatro tópicos listados anteriormente. Ao contrário do que alguns projetistas afirmam, a Solução Mínima não denota uma solução pobre e, sim, solução coerente. Os defensores da Solução Livre atestam que aeronaves mais equipadas, com sistemas redundantes, blindagens mais robustas, maior conforto interno e com maior quantidade de equipamentos, tem um nível maior de segurança e confiabilidade.

Barros (2001) sugere cuidados para não cair em exageros na aplicação do conceito de Solução Mínima, como nos primeiros Lancair biplace (Figura 30). Visando obter o máximo de velocidade em cruzeiro, reduziu-se tanto as dimensões do avião e, sobretudo, das empenagens, que a aeronave apresentava um comportamento crítico em baixas velocidades, ocasionando vários acidentes graves.



**Figura 30** - Lancair 360 ([https://en.wikipedia.org/wiki/Lancair\\_360](https://en.wikipedia.org/wiki/Lancair_360)).

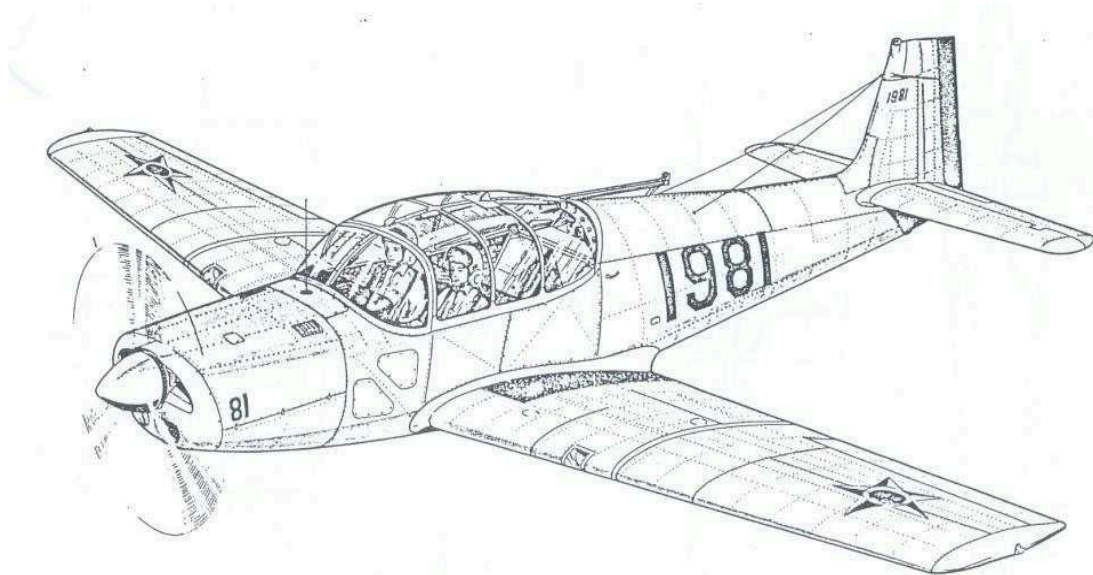
### **2.2.3. Neiva N.621 – A Filosofia do Projeto do Neiva T-25 Universal**

No final da década de 1950 toda a instrução de novos pilotos na Força Aérea Brasileira estava baseada no binômio Fokker T-21 e North American T-6, defasados tecnologicamente em relação aos novos treinadores de primeira linha. Ambas as aeronaves possuíam, entre outras características em comum, um trem de pouso do tipo convencional, uma tendência de projeto advinda dos primórdios da aviação. Ao final da Segunda Guerra Mundial e o surgimento dos primeiros aviões a jato, surge o trem de pouso triciclo, que permitia um maior controle e estabilidade em solo, principalmente em grandes velocidades.

Neste cenário, a substituição destas aeronaves se tornava emergencial. Adicionalmente havia uma grande preocupação relacionada aos altos índices de indisponibilidade das células, devido ao baixo fluxo de peças de reposição e os escassos recursos do Ministério da Aeronáutica impediam a aquisição de um grande lote de novos treinadores, como o SIAI-Marchetti SF.260, Beechcraft T-34 Mentor e o Pilatus PC-3. Em paralelo, nos corredores das três armas nacionais defendia-se a ampla nacionalização dos equipamentos militares.

Desse modo, a FAB resolveu consultar a Sociedade Construtora Aeronáutica Neiva sobre a possibilidade de desenvolvimento de uma aeronave monomotora para treinamento básico e avançado. Dentro do Ministério da Aeronáutica a proposta de projeto foi nomeada IPD-6201 (Figura 31) e, em janeiro de 1963, o ponto de partida

foi o anteprojeto de um biplace lado-a-lado concebido por Joseph Kovács, projetista chefe da empresa.



**Figura 31** - Desenho da aeronave T-25 (IPD- 6201), conforme constava na descrição preliminar do contrato (OLIVEIRA, 2010).

Kovács passou a liderar um grupo composto por 50 engenheiros e técnicos instalados na unidade da Neiva, em São José dos Campos, inteiramente dedicado ao projeto N.621, designação interna para o recém-batizado treinador avançado Universal. A proposta da equipe de projeto era criar uma aeronave totalmente nova em conceito, inclusive com a capacidade de realizar o voo invertido, como lembra o engenheiro Kovács:

Nenhum dos aviões que vinham do exterior voava invertido. Eles não tinham um sistema de alimentação (combustível) e lubrificação invertida. O resultado era que os nossos pilotos não voavam de dorso e a alta acrobacia já começa e acaba no dorso. Esse era um dos desafios que eu tinha que cumprir. Na FAB existiam uns pilotos que queriam fazer acrobacias de altíssima escala e só faltava o avião para fazer isso (MORALEZ, 2010, p. 48).

A ausência do voo invertido acabou por tornar-se uma grave deficiência na formação dos pilotos militares, condicionados a conduzirem máquinas robustas, mas insensíveis e ineficientes. Kovács defendia a tese de que é possível obter qualidade

de voo, com comandos dóceis e maior estabilidade no ar. A Neiva, então, passou a trabalhar no conceito de um avião treinador acrobático de transição semelhante aos modelos europeus, com comandos leves e de rápida resposta, de baixo custo operacional e de manutenção, além de conciliar baixo peso estrutural e resistência adequada à dura rotina imposta pela instrução de voo dos cadetes.

Contudo, a falta de recursos foi uma constante durante todo o desenvolvimento da aeronave. Segundo Kovács, o Ministério da Aeronáutica não queria contratar todo o programa preliminar completo – inclusive os ensaios em túnel de vento – e, o restante dos recursos, para o projeto detalhado e a construção do protótipo, só vieram em meados de 1964.

A construção do primeiro protótipo se iniciou em maio de 1965 e finalmente, em 29 de abril de 1966, o T-25, com a matrícula civil PP-ZTW (Figura 32), fez o voo inaugural com o piloto de provas Brasília Freire Neto aos comandos. A aeronave possuía uma configuração básica, asa baixa com geometria trapezoidal, trem de pouso triciclo retrátil, biplace com assentos lado a lado com a cabine coberta por um canopi de peça única com deslizamento para trás que gerava uma ampla visibilidade externa. Além de duplo comando, capacidade de realizar o voo acrobático e equipado com um motor Lycoming IO-540-G1A5 de 290 HP de seis cilindros opostos horizontalmente acionando uma hélice tripá de velocidade variável.



**Figura 32** - Primeiro protótipo do N621 em fase de construção nas instalações da Neiva (<https://airway.uol.com.br/embraer-homenageia-jose-carlos-neiva-com-busto-em-botucatu/>) e, posteriormente, num ensaio em voo (Via: José de Alvarenga, 2014).



**Figura 33** - PP-ZTW, o primeiro protótipo do N.621 (Via: José de Alvarenga, 2014).

Posteriormente, após diversos ensaios submetidos pela equipe do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), verificou-se que o motor não fornecia a potência necessária, sendo assim solicitado a sua substituição. O novo motor adotado foi o Lycoming IO-540-K1D5, de 300 HP, que acionava uma hélice bipá de velocidade constante. Esta configuração, homologada pelo CTA para produção em série, recebeu a designação de T-25 Universal. Em 1967, voava o segundo protótipo, já na versão militar com a matrícula FAB 1830.



**Figura 34** - Neiva T-25 Universal FAB 1830, o segundo protótipo (<https://www.globalsecurity.org/military/world/brazil/t25.htm>).



O Universal seria o primeiro monomotor de alto desempenho projetado e construído no Brasil e surpreendia a todos, pois era extremamente manobrável, fácil de se pilotar, excedendo positivamente todas as expectativas. O Ministério da Aeronáutica logo percebeu seu inegável potencial, sendo imediatamente aceito pela Força Aérea Brasileira, não só pela perspectiva de uma ótima relação custo benefício, mas também pela possibilidade de fomentar a indústria nacional. Entretanto, algumas de suas características de projeto foram sacrificadas pela limitação da verba disponível.

Kovács recorda que:

A FAB queria aproveitar muitas sobras da 2ª Guerra Mundial que estavam estocadas nos parques de manutenção de São Paulo e dos Afonsos (RJ). Eram geradores, bússolas remotas e mais uma série de coisas que queriam que eu adaptasse no T-25. Porém, eram objetos anacrônicos, velhos, não muito confiáveis e, além de tudo, pesados (MORALEZ, 2010, p. 48).

Consequentemente, em relação ao primeiro protótipo, o T-25 teve um aumento de mais de 100 kg no seu peso final. Em virtude dos esforços da equipe de Kovács, conseguiu-se aliviar apenas 32 kg, o que denegriu o seu desempenho em subida e em manobras acrobáticas verticais. Em detrimento destas deficiências, o Universal ainda é considerado como uma aeronave dócil e fácil de pilotar, conforme descreve Almeida (2003):

Em estabilidade estática, o T-25 é perfeito: saudavelmente positivo em arfagem, bem positivo em guinada, o avião é neutro em rolamento, com resposta ríspida dos ailerons Frise. Dinamicamente, a clássica fugóide em arfagem não apresenta amortecimento, com manche livre: o avião oscila numa lenta trajetória senoidal (montanha russa), sem redução da amplitude. A estabilidade espiral é boa, não havendo tendência a aumentar sozinho a inclinação nas curvas. A resposta dinâmica às solicitações de guinada é bem positiva, uma vez soltos os pedais. Mas é em manobras que o Universal brilha mais: comandos perfeitamente harmoniosos, forças no manche com gradiente confortável, estimado entre 2,5 e 3 kgf/G em arfagem, e ailerons Frise impondo sem esforço uma razão de rolamento pouco acima de 90º por segundo, entre 120 e 130 nós (ALMEIDA, 2003, p.20).

No contrato firmado pelo Ministério da Aeronáutica, em dezembro de 1967, estava especificada a construção de 150 unidades da aeronave (Tabela 2), cujas matrículas iriam de 1831 a 1970. Como esta encomenda excedia a capacidade fabril

de Botucatu, edificou-se uma nova planta industrial ao lado do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), em São José dos Campos. Esta produção em série, contudo, foi bastante morosa no seu início e o primeiro T-25A de série (matrícula FAB 1830) só foi liberado para voo em 7 de abril de 1971.

Deste contrato inicial a FAB recebeu apenas 140 unidades devido a cortes no orçamento, e como restavam dez aeronaves prontas, em 1976 a Neiva negociou-as junto a Aviação do Exército do Chile, onde operaram em missões de treinamento e ligação até fins da década de 1990. Mais tarde estes aviões foram transferidos para a sua Força Aérea – FACH – e, em 1983, alguns destes aviões foram reformados e revendidos ao Paraguai, utilizando-os na instrução básica e avançada. Em 2005, o governo brasileiro doaria mais seis células revisadas do T-25 para o Paraguai e seis para a Bolívia, se mantendo em serviço até os dias de hoje.



**Figura 35** - Neiva T-25 Universal na Força Aérea Boliviana (à esquerda) ([https://i152.photobucket.com/albums/s177/canberra\\_photos/BOLBRA/FAB-505\\_T-25\\_26Aug10SLET.jpg](https://i152.photobucket.com/albums/s177/canberra_photos/BOLBRA/FAB-505_T-25_26Aug10SLET.jpg)) e, operacional na Força Aérea Paraguai (à direita) (<http://fdra-aereo.blogspot.com/2014/04/fuerzas-aereas-fuerza-aerea-paraguaya.html>).

A partir de 1971, a FAB distribuiu os primeiros exemplares entre as suas unidades de treinamento, reconhecimento e ataque e ligação e observação. Na AFA, os novos treinadores foram integrados ao sistema de formação dos cadetes em 1973, por meio da Esquadrilha de Adestramento, utilizando-os por quatro anos; e, a partir de 1978, atuaram como treinadores intermediários, passando a treinamento avançado em 79, com a desativação dos jatos Cessna T-37C – até ser substituído pelos Embraer T-27 Tucano, em 1984. Finalmente, no papel de treinador primário e

básico, a partir de julho daquele ano, com a retirada dos T-23 do serviço ativo. Na tabela a seguir, temos a produção anual do Neiva T-25 Universal e o volume de entrega dos exemplares para seus respectivos compradores:

**Tabela 2 - Produção anual do Neiva T-25 Universal.**

<b>Produção Anual do T-25</b>			
<b>Ano</b>	<b>Brasil</b>	<b>Chile</b>	<b>Total</b>
1971	04	-	04
1972	29	-	29
1973	45	-	45
1974	50	-	50
1975	04	10	14
1979	08	-	08
<b>Total</b>	<b>140</b>	<b>10</b>	<b>150</b>



**Figura 36 - Linha de voo dos T-25 do 2º EIA – Esquadrão de Instrução Aérea (Camazano, 1986).**

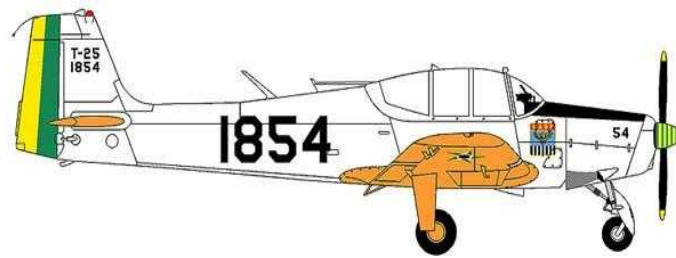
Na Tabela 3, tem-se a representação de seu período de atividade e o tipo de missão executada em cada unidade pela aeronave. Vale lembrar que em diversos

esquadrões atuou como aeronave de reconhecimento ataque, utilitária, para fins administrativos e manutenção da proficiência de voo por parte dos aviadores que serviam nestas unidades até meados dos anos 2000, quando foram transferidos para a AFA.

**Tabela 3 - O Emprego operacional do T-25 na FAB.**

<b>O T-25 na FAB</b>		
<b>Unidade</b>	<b>Período</b>	<b>Emprego Operacional</b>
CFPM – Centro de Formação de Pilotos Militares	1971 - 1973	Instrução Avançada
CATRE – Centro de Aplicações Táticas e de Recomentamento de Equipagens	1974 – 1976	Instrução Primária, Básica e Avançada do Curso de Formação de Oficiais da Reserva – CFOAR-2
	1976 – 1978	Instrução Primária, Básica e Avançada do Estágio dos Aspirantes da Ativa
	1974 – 1978	Treinamento Operacional com Armamento
1º, 2º e 5º EMRA – Esquadrão Misto de Reconhecimento e Ataque	1974 – 1980	Manutenção da Segurança Interna
2º EIA – Esquadrão de Instrução Aérea	1973 até os dias atuais	Instrução Primária
2ª ELO – Esquadrilha de Ligação e Observação	1974 – 1980	Reconhecimento Armado e de Controle Aéreo Avançado
Cometa Branco <sup>2</sup>	1980 – 1982	Demonstração Aérea

<sup>2</sup> Com a desativação dos NA T-6 em 1976, a FAB perdeu um importante instrumento de divulgação de suas atividades, através da Esquadrilha da Fumaça. Em 1980, um grupo de instrutores da AFA passou a treinar acrobacias em conjunto com o T-25 Universal, dando origem à equipe Cometa Branco, que seria o embrião para o ressurgimento do novo Esquadrão de Demonstração Aérea (EDA), em 21 de abril de 1983.



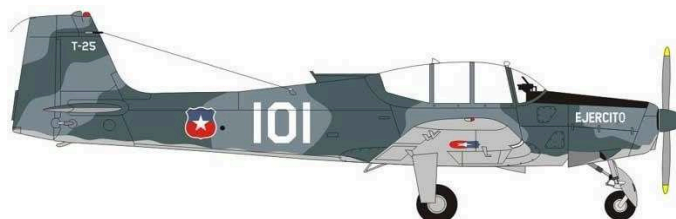
**Figura 37** - Padrão de pintura do T-25 Universal, atuando como aeronave orgânica na BASP ([http://users.skynet.be/fb990055/duarte\\_photos\\_T25.htm](http://users.skynet.be/fb990055/duarte_photos_T25.htm)).



**Figura 38** - Padrão de pintura do 2º EMRA - Esquadrão Misto de Reconhecimento e Ataque (<http://wp.scn.ru/en/ww3/o/1430/26/0>).



**Figura 39** - Padrão de pintura da 2ª ELO - Esquadrilha de Ligação e Observação (<http://wp.scn.ru/en/ww3/o/1709/26/0>).



**Figura 40** - Neiva T-25 Universal da Força Aérea Chilena (<http://wp.scn.ru/en/ww3/o/1709/108/0>).

Uma das grandes deficiências do projeto sempre foi o grupo motopropulsor especificado pelo Ministério da Aeronáutica. No ano de 1975, tanto o FAB 1830 e o FAB 1831 foram modificados e equipados com um motor Lycoming IO-720 de 400 HP com oito cilindros opostos horizontalmente, e um terceiro assento localizado na parte de trás do *cockpit*. Designado na FAB como YT-25B Universal II, o N.621A apresentava melhor desempenho e se destacava por apresentar fuselagem de maior comprimento, novos instrumentos de navegação e comunicação, além de reforços estruturais nas asas para abrigar uma carga bélica maior. Atualmente, o exemplar FAB 1831 encontra-se em operação no Parque de Material Aeronáutico de Lagoa Santa (PAMA-LS), unidade apoiadora dos T-25.



**Figura 41** - Protótipo YT-25B Universal II (Pereira, 2001).

Como é comum a qualquer aeronave, o T-25 registrou perdas e acidentes. Tudo, porém, dentro das taxas normais de desativação para aeronaves de sua classe. O passar dos anos gerou a necessidade de atualização de sua aviãoica, pois toda a sua concepção estava baseada em tecnologias da década de 1960<sup>3</sup>. Assim em 1980, abriu-se uma concorrência – vencida pela empresa Aeromot –, que contemplava a modificação da disposição dos instrumentos na cabine de 45 células

<sup>3</sup> Composto por instrumentos duplicados como horizonte artificial, giroscópio direcional, indicador de rolagem e glissagem, indicadores de taxa de ascensão, velocidade e altímetro, dispendo de rádio VHF, ADF e VOR LOC (CAMAZANO, 1986).

originando a variante T-25C<sup>4</sup>, dotadas de painel IFR, mais atualizado. Aquelas que não passaram pelo processo de modernização mantiveram a designação T-25A.



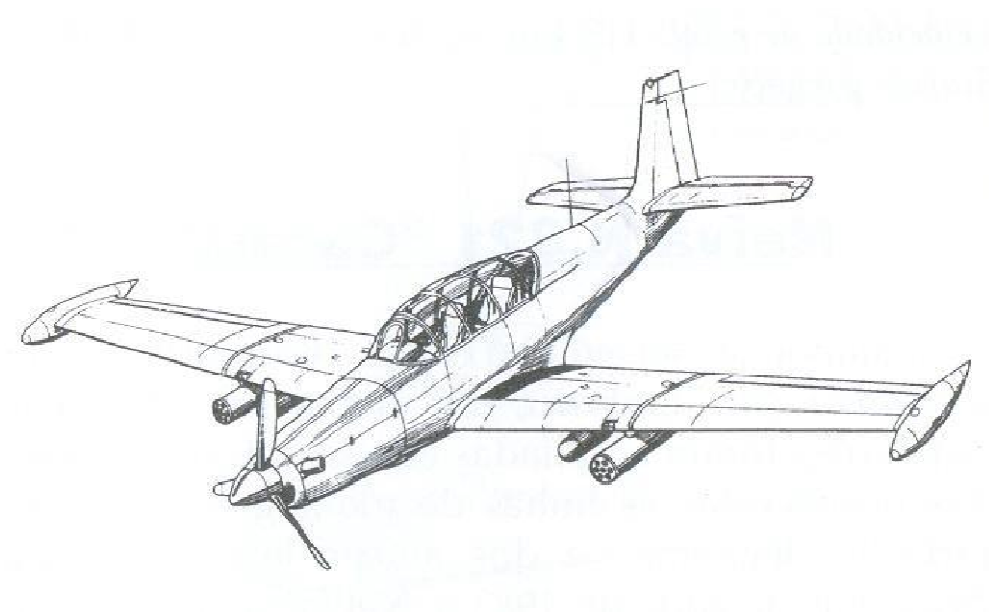
**Figura 42 - Painel do T-25C Universal**

([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fe/Neiva\\_T-25...\\_Universal\\_%28621%29%2C\\_Brazil\\_-\\_Air\\_Force\\_AN1129036.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fe/Neiva_T-25..._Universal_%28621%29%2C_Brazil_-_Air_Force_AN1129036.jpg)).

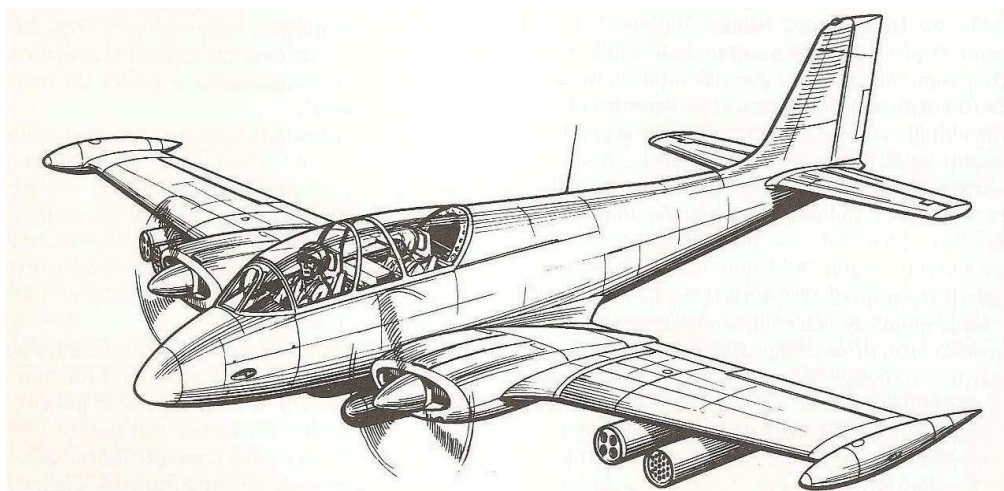
Em 1984, o T-25 FAB 1914 se tornou o primeiro avião movido à álcool no Brasil. As modificações foram desenvolvidas pelo então CTA e, anos mais tarde, a aeronave foi plataforma de testes das hélices tripás alemãs de competição VK e MT (material composto) e a hélice do Universal II. Nesta época, a hélice original bipá apresentou fissuras nas extremidades e, como solução paliativa, teve seu diâmetro reduzido, afetando negativamente o desempenho em voo. Todas as alternativas apresentaram resultados satisfatórios, mas a falta de recursos relegou estes projetos ao esquecimento, com os remanescentes recebendo apenas novas hélices e modificações no motor para queimar álcool etílico.

<sup>4</sup> Esses aviões tiveram a nacele totalmente remodelada com a instalação de VOR VIR 351, ADF 650 e transponder TAR-950 de nova geração, todos da marca Collins e um novo sistema de rádio VHF 251 e interfone, além de um sistema de alarme para gerador inoperante. Os assentos também foram modificados com inclusão de suspensório inercial. Num segundo processo de modernização, implementado pelo PAMA-LS (Parque de Material Aeronáutico de Lagoa Santa) em 2001, envolveu a substituição de instrumentos de voo, de monitoramento do motor contemplando a instalação de modernos equipamentos de navegação e comunicação (CAMAZANO, 1986).

No intuito de estender a vida útil do projeto, a Neiva ainda propôs outras alternativas sob a mesma plataforma do T-25, no intuito de aproveitar o seu ferramental e os gabaritos de construção. Durante a década de 1970, a empresa encaminhou um pedido de financiamento ao Ministério da Aeronáutica, para o desenvolvimento e construção do N7.21B “Carajá” (Figura 41), uma aeronave treinadora avançada e de ataque leve com motorização turboélice, além de um avião bimotor antiguerrilha para missões contra insurgência (COIN), conhecido por “Bi-Universal Ataque” (Figura 42).



**Figura 43** - Neiva N.721B Carajá (Pereira, 1997).



**Figura 44** - Neiva "Bi-Universal Ataque" (Pereira, 1997).



Após deixar a Embraer, em 1990, o projetista Joseph Kovács passou a executar inúmeros trabalhos pessoais e, ao longo dos anos, acumulou 57 projetos entre planadores, transportes utilitários e aviões de treinamento. Desta lista, figura o K-51 Peregrino (Figura 43), uma aeronave acrobática, feita em madeira e fibra de vidro, biplace em tandem, cujas linhas remetem ao T-27 Tucano. O K-51 foi a base para o desenvolvimento do T-Xc, da Novaer Craft, uma proposta nacional que visava substituir o T-25 Universal.



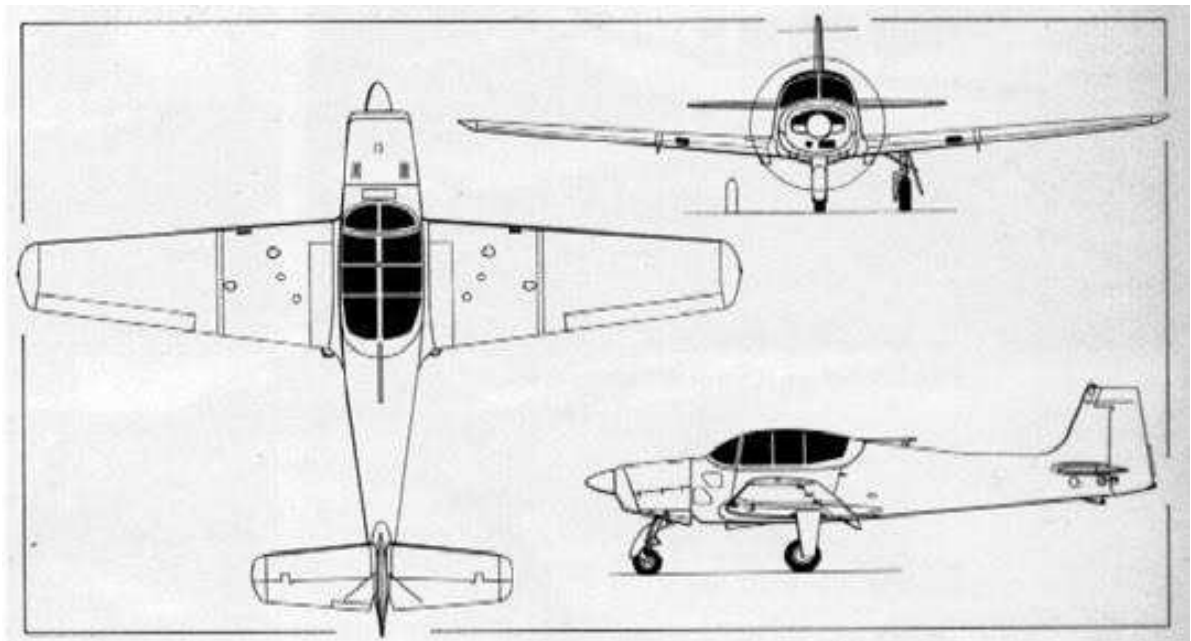
**Figura 45** - K-51 Peregrino (Pereira, 2001).

Embora o desenvolvimento pleno do projeto tenha sido tumultuado por diversos fatores, incluindo problemas de ordem financeira e administrativa, nos dias atuais o avião ainda cumpre com êxito a finalidade da qual se propôs. Segundo Kovács, o T-25 teve um papel fundamental para demonstrar a capacidade de projeto e execução do pessoal brasileiro, abrindo caminho para a ideia de uma indústria nacional de maior porte (EMBRAER).

Transcorridos mais de 40 anos ininterruptos de operação, as células remanescentes começam a apresentar deficiências em função de seu emprego, principalmente no que se tange ao cansaço do motor e a defasagem da concepção analógicas de sua aviônica embarcada. Após o período de formação nas academias os novos aviadores irão se deparar com aeronaves de primeira linha dotadas de

instrumentação digital, ocasionando um novo processo de adaptação que poderia ser eliminado, caso já tivessem contato com esta tecnologia durante o período de instrução. Ainda que não haja, no momento, nenhuma definição de qual será o eventual substituto do Neiva T-25 Universal, cogita-se a necessidade de substituição por um novo vetor de treinamento dotado de recursos de instrumentação digital, em conjunto com um sistema de treinamento baseado em simuladores digitais, para maximizar seu emprego.

A seguir, temos o desenho em três vistas da aeronave:



**Figura 46** - Desenho em três vistas da aeronave Neiva T-25 Universal  
(<http://aviadejavu.ru/Site/Crafts/Craft32609.htm>).

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. Requisitos de Projeto**

Segundo Rosa (2006), os regulamentos aeronáuticos são documentos oficiais que regulamentam e normalizam o setor da aeronáutica civil e são desenvolvidos pelas agências governamentais específicas em conjunto com associações e comissões próprias. São impostos aos fabricantes e operadores para garantir a

segurança de qualquer cidadão que deles faça uso. Essas regras são extremamente importantes e cobrem desde o projeto da estrutura, sistemas e até na qualidade de voo e desempenho (DE ANDRADE, 2000).

Para o projetista que almeja o mercado internacional, é necessário conhecer e escolher a regulamentação compatível e vigente em cada país, assim como, em que categoria o seu produto será inserido. Atualmente, na aviação civil, as principais entidades reguladoras em vigor são o FAA (*Federal Aviation Regulations*), a EASA (*European Aviation Safety Agency*) e, no Brasil, a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil). Os dois últimos seguem, como referência, as normas FAR norte-americanas.

Na aviação militar brasileira, as normas são batizadas de AER e são regidas pelo Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), cuja missão é prover serviços nas áreas de certificação, propriedade intelectual, transferência de tecnologia, além de coordenação industrial de produtos e sistemas aeroespaciais de interesse do Comando da Aeronáutica. Elas se baseiam em normas estrangeiras, denominadas nos Estados Unidos por MIL (*Military Standards*).

Contudo, uma grande parcela dos produtos militares não segue uma norma específica. Geralmente estes projetos surgem de uma necessidade de mercado e são elaborados de acordo com os requisitos específicos para determinadas operações em cada Força Armada. Não raro, são tecnologias no estado da arte que devem ter uma vida útil extremamente longa, sendo substituídos apenas com a sua obsolescência ou término de sua carreira operacional.

Portanto, este trabalho extraiu alguns requisitos por meio de pesquisas em publicações especializadas e nos trabalhos de Zanuzzi (2017), Oliveira (2010) e Almeida (2003). O segundo autor levantou, junto aos instrutores de voo e os mecânicos de manutenção das aeronaves da Academia da Força Aérea, alguns requisitos que podem guiar para a escolha de uma nova aeronave de treinamento, entre as disponíveis atualmente no mercado internacional. Há de se lembrar que a própria Embraer, durante o programa de desenvolvimento do treinador EMB-312 Tucano, efetuou uma séria de consultas junto ao corpo da AFA, na composição de possíveis soluções de seu novo projeto, as quais podem nortear o conceito de um novo avião desta categoria.

Todos os autores listados acima enfatizam que o vetor de instrução tem total influência na qualidade e nível do piloto formado. Os mesmos também abordam

alguns pontos positivos e negativos na operação do Neiva T-25 Universal. Estas características servirão para nortear a elaboração dos requisitos para um novo avião de instrução da Academia da Força Aérea:

**Tabela 4 - Pontos positivos e negativos do Neiva T-25 Universal.**

Pontos Positivos	Pontos Negativos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robustez;</li> <li>• Facilidade de pilotagem;</li> <li>• Confiabilidade;</li> <li>• Aeronave boa para instrução básica;</li> <li>• Boa qualidade de voo; e,</li> <li>• Comandos harmoniosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potência insuficiente;</li> <li>• Baixa velocidade de cruzeiro;</li> <li>• Limitação de 5,0 segundos no voo invertido;</li> <li>• Baixo teto operacional;</li> <li>• Aeronave muito pesada;</li> <li>• Pouca razão de subida;</li> <li>• Aviônica antiga, com restrição de equipamentos IFR;</li> <li>• Ergonomia insatisfatória; e,</li> <li>• Frequência alta de inspeções.</li> </ul>

Segundo Oliveira, pelas características intrínsecas do voo de instrução militar é ideal que as aeronaves sejam robustas e apresentem baixo peso, podendo ser de construção metálica ou feita em material composto ou na união das duas ou mais formas (compósitos). Para uma maior estabilidade em solo, a configuração triciclo é a melhor opção para o trem de pouso, preferencialmente retrátil. Há de se ressaltar que a aeronave seja capaz de operar em pistas curtas e não-pavimentadas e com infraestrutura precária, sem comprometer a segurança de voo.

Em seu trabalho, por unanimidade, o corpo técnico da AFA requer uma plataforma de instrução dotada de uma aviônica atualizada e confiável, com capacidade IFR. Em função dos problemas enfrentados pelos cadetes na transição para a aeronave de instrução avançada, seria interessante ter o uso de um manche similar ao *joysticks*, contendo o maior número de funções ao alcance dos dedos (HOTAS – *Hands on Throttle and Stick*).

Para a instrução primária e básica, a melhor disposição dos assentos é a lado a lado, conforme Ribeiro (2014). No entanto, no mercado tem-se algumas aeronaves

de treinamento com assentos dispostos em tandem, logo esta configuração também será avaliada. Na cabine foi sugerido a instalação de ar condicionado para aliviar a sensação térmica para instrutor e aluno, já que além do macacão de voo (feito de uma fibra polimérica chamada Nomex®), utilizam o capacete de voo com peso superior em um quilograma.

Deve apresentar uma qualidade de voo satisfatória, de fácil pilotagem e didática ao aprendizado do cadete, mas que alie uma maior manobrabilidade durante a fase acrobática da instrução, sendo escolhida para a posição das asas a configuração do tipo asa baixa. Assim como, é ideal que apresente um comportamento favorável em baixas velocidades, com características de estol suave.

Com o propósito de melhores efeitos de centragem do centro de gravidade e adequada refrigeração do motor, a configuração *tractor* seria adotada, visando também um baixo consumo de combustível. Para o conjunto motopropulsor e um maior rendimento em várias faixas de rotação, sinalizou-se o uso de hélices de passo variável.

As características de performance, principalmente velocidade de cruzeiro e razão de subida, devem ser superiores às do T-25 (1.050 pés/minuto, ou 5,33 m/s). Um aspecto que, segundo a pesquisa, otimizaria o tempo deslocamento para a área de instrução e possibilitaria um desempenho melhor em manobras acrobáticas verticais.

De acordo com o perfil histórico e operacional das aeronaves de treinamento básico militar, a nova aeronave deverá atender às seguintes especificações:

- **Requisitos de Projeto:**

1. Aeronave do tipo treinador (*Trainer*);
2. Configuração de asa baixa (*Low Wing*);
3. Monomotora a pistão/turboélice (*Single Engine*);
4. Capacidade acrobática;
5. Dois assentos (Biplace);
6. Trem de pouso fixo ou retrátil na configuração triciclo;
7. Construção metálica ou em compósito;
8. Boa razão de subida;

9. Baixo consumo de combustível, e;
10. Qualidade de voo.

- **Parâmetros Básicos de Desempenho:**

**Tabela 5** - Parâmetros básicos de desempenho, segundo a proposta de projeto.

Peso Máximo de Decolagem (MTOW)	< 1700 kg
Peso Vazio	< 1200 kg
Carga Alar	$\leq 100 \text{ kg/m}^2$
Relação Peso/Potência	< 5,67 kg/hp
Fator de Carga	+6,0G/-3,0G
Velocidade Máx. nivelado ( $V_{\text{máx}}$ )	> 300 km/h
Velocidade de Cruzeiro ( $V_c$ )	> 285 km/h
Velocidade de Estol c/flaps ( $V_s$ )	$\leq 111 \text{ km/h}$
Razão de Subida	> 1050 pés/min (5,33 m/s)
Alcance Máximo	> 1500 km
Teto de serviço	> 4886,4 m

Conforme visto no item 2.1.3., o programa de instrução aérea da Academia da Força Aérea (AFA) divide-se em dois estágios. A aeronave Neiva T-25 Universal, é utilizada no 2º Ano do Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAV), conhecido por Estágio Primário de Pilotagem Militar.

Neste período os voos são divididos em quatro fases: Fase Pré-Solo, Manobras e Acrobacias, Formatura e Navegação. Logo, para o cumprimento de sua missão, a nova aeronave de instrução deverá atender às seguintes missões, divididas em três categorias:

1. Missão Tipo 1: Missões de Manobras Básicas.

A seguir listam-se as etapas deste tipo de voo e uma estimativa de seus respectivos tempos de duração. A Figura 46 mostra o diagrama do perfil com suas variações de altitude.

Tabela 6 - Perfil de Missão Tipo 1.

<b>Etapas</b>	<b>Tempo Previsto</b>
<b>1. Aquecimento</b>	2 min
<b>2. Táxi</b>	3 min
<b>3. Decolagem</b>	2 min
<b>4. Subida 1</b>	2 min
<b>5. Manobras</b>	30 min
<b>6. Subida 2</b>	1 min
<b>7. Manobras</b>	10 min
<b>8. Descida</b>	2 min
<b>9. Tráfego</b>	3 min
<b>10. Pouso</b>	2 min
<b>11. Táxi</b>	3 min
<b>TOTAL</b>	<b>60 min</b>

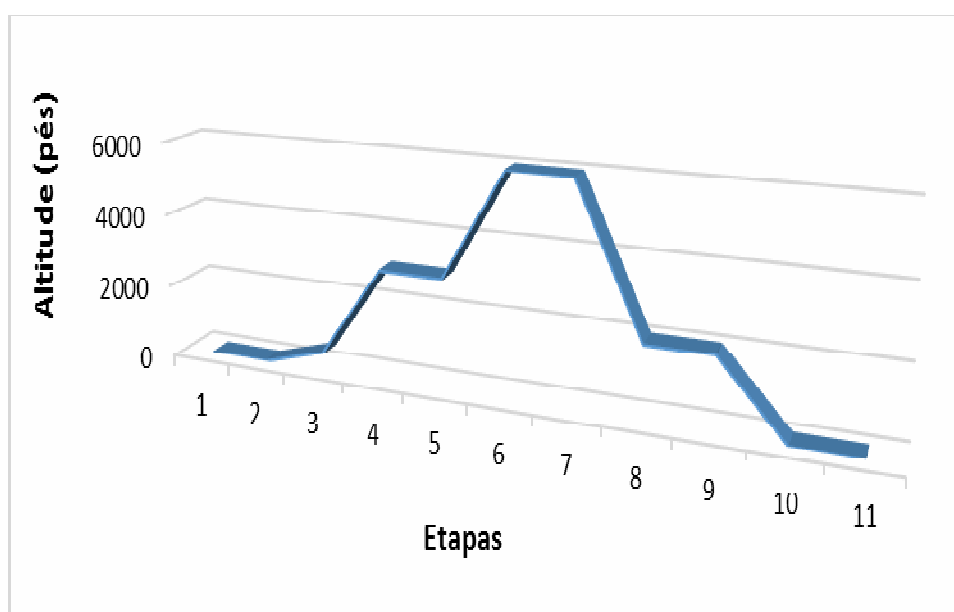


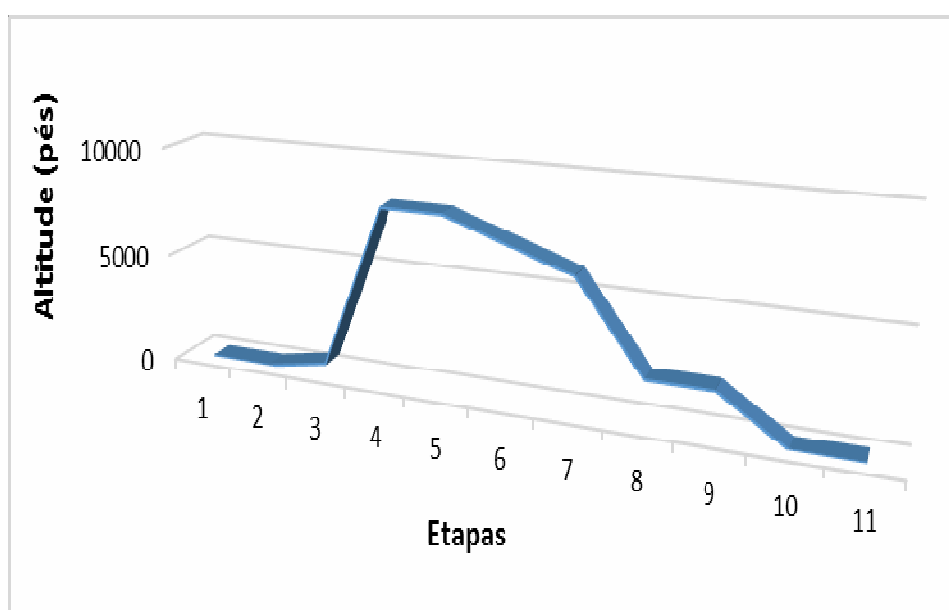
Figura 47 - Variação da altitude durante a missão Tipo 1 (Autor, 2019).

## 2. Missão Tipo 2: Missões de Navegação.

A seguir listam-se as etapas com suas durações e o perfil da missão com suas variações de altitude é mostrado na Figura 47.

Tabela 7 - Perfil de Missão Tipo 2.

<b>Etapas</b>	<b>Tempo Previsto</b>
<b>1. Aquecimento</b>	2 min
<b>2. Táxi</b>	3 min
<b>3. Decolagem</b>	2 min
<b>4. Subida 1</b>	12 min
<b>5. Cruzeiro</b>	210 min
<b>6. Descida</b>	3 min
<b>7. Tráfego</b>	3 min
<b>8. Pouso</b>	2 min
<b>9. Táxi</b>	3 min
<b>TOTAL</b>	<b>240 min</b>



**Figura 48** - Variação da altitude durante a missão Tipo 2 (Autor, 2019).

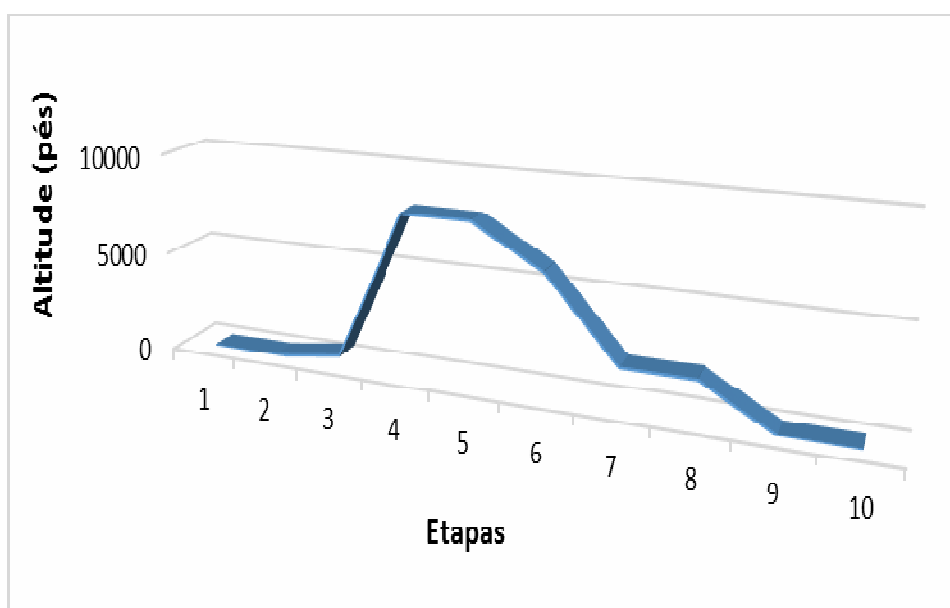
### 3. Missão Tipo 3: Missões de Acrobacia.

A seguir, temos um exemplo típico de um voo de acrobacia aérea. Por fim, a lista mostra as etapas com suas durações e a Figura 48 mostra o perfil.



Tabela 8 - Perfil de Missão Tipo 3.

<b>Etapas</b>	<b>Tempo Previsto</b>
• <b>Aquecimento</b>	2 min
• <b>Táxi</b>	3 min
• <b>Decolagem</b>	2 min
• <b>Subida</b>	5 min
• <b>Acrobacia</b>	37 min
• <b>Descida</b>	3 min
• <b>Tráfego</b>	3 min
• <b>Pouso</b>	2 min
• <b>Táxi</b>	3 min
<b>TOTAL</b>	<b>60 min</b>



**Figura 49** - Variação da Altitude durante a missão Tipo 3 (Autor, 2019).

Devido à natureza do voo acrobático, entre as etapas de 4 a 6 ocorre uma variação sucessiva da altitude de voo. É comum em alguns aviões acrobáticos a perda de altitude durante a execução de certas manobras. Nesse caso, o piloto deve iniciar sua série acrobática à uma altitude mais elevada e, ao fim, simplesmente continuar a descida e realizar os procedimentos de retorno.

### 3.2. Análise das Aeronaves de Treinamento Primário Militar Disponíveis no Mercado

No mercado mundial há inúmeras soluções de treinamento disponíveis, algumas derivadas de aviões experimentais, que originaram ou foram transformados em treinadores. Este é o caso do canadense SAMA CH2000s, fabricado pela empresa Zenair e o modelo AIEP Air Bettle, derivado do RV-6A da norte-americana Van's Aircraft, atualmente utilizado pela Nigéria como aeronave leve de instrução.

Contudo, neste trabalho serão apresentados os possíveis substitutos para os T-25, aeronaves originalmente projetadas para este fim e capazes de cumprir com maior êxito as missões de instrução aérea. Deve-se ressaltar que todas as aeronaves avaliadas se encontram operacionais em conceituadas escolas de aviação miliar de diversos países.

Conforme recorda Barros (2001), o exame aprofundado do “estado da arte”, isto é, de todo o universo das melhores aeronaves existentes de uma mesma categoria, é fundamental para um novo projeto. Por este motivo, o desenvolvimento da Tabela Comparativa é de extrema importância, possibilitando estabelecer os parâmetros básicos da aeronave em projeto, permitindo desenvolver conceitualmente uma nova aeronave.

As informações que perfazem os Métodos Comparativos podem ser organizadas pelos seguintes meios:

- Fichas técnicas dos aviões com fotos e três vistas;
- Tabela comparativa;
- Gráficos lineares (parâmetro *versus* aeronave);
- Gráficos paramétricos (parâmetro *versus* parâmetro *versus* aeronave); e,
- Contraposição de vistas em planta na mesma escala.

Logo, para o projeto em questão foram consideradas onze aeronaves, descritas a seguir por meio de um breve histórico operacional e, paralelamente faz-se uma análise de suas características. O desenho em três vistas, aliado à ficha técnica de cada candidato e aos gráficos lineares, auxiliaram na aquisição dos parâmetros para a seleção da nova aeronave de instrução.

### 3.2.1. Diamond DA20-C1 Eclipse

Aeronave de treinamento canadense, derivada dos motoplanadores Diamond DV 20 Katana e HK36 Super Dimona, trata-se de um monomotor de asa baixa, com assentos lado-a-lado e construção totalmente em materiais compósitos. Aproveitando o sucesso de mercado de seu antecessor, o fabricante colocou no mercado o DA20-C1 Eclipse, visando atender ao mercado de treinamento primário e conta com um grande pacote de opcionais. Utiliza um motor Continental IO-240B de 125hp e hélice de passo fixo feita de madeira, produzida pela Sensenich Propeller.



**Figura 50** - Diamond DA20-C1 Eclipse

([https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/docil-como-um-planador\\_1390.html](https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/docil-como-um-planador_1390.html)).

A versão mais simples conta apenas com instrumentos analógicos, mas existe a opção das suítes MFD Aspen Evolution 1000 ou Garmin G500. Aliado ao piloto automático, os visores apresentam cores em alto contraste, facilitando a leitura e a interpretação de informações essenciais ao piloto, como a posição em relação ao solo, dados de cartas e de navegação, rotas do plano de voo e procedimentos de aproximação.

Embora equipado com instrumentos e aviônicos para voo por instrumentos, em função de sua fuselagem ser de material compósito, o DA20-C1 não conta com proteção contra raios, desta forma, não é certificado para IFR. Outra restrição, em

função da constituição de seu corpo, é a exigência do manual para se verificar a temperatura externa da aeronave. Caso o termômetro indique 38°C, deve-se aguardar a sua redução para iniciar o voo.



**Figura 51** - Painel de instrumentos equipado com a suíte Garmin G500 (<https://www.airforce-technology.com/projects/diamond-da20-c1-utility-and-trainer-aircraft/attachment/diamond-da20-c1-utility-and-trainer-aircraft3/>).

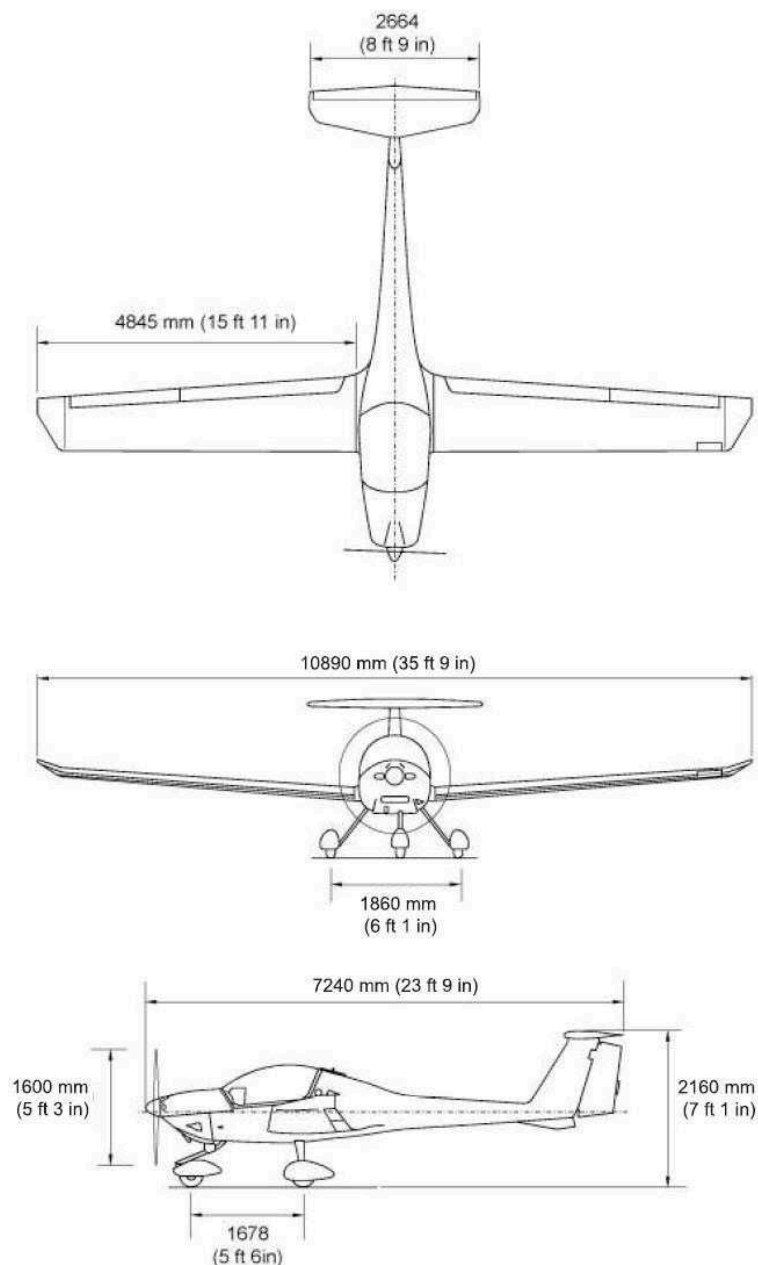
Possui certificação canadense (CAR 523) e norte-americana (FAR 23). Em 2002, a USAF<sup>5</sup> (Força Aérea dos Estados Unidos) selecionou o DA20-C1 para a seleção dos seus futuros aviadores.

Pesou nesta decisão, a capacidade do Eclipse para realizar parafusos e a razão de subida de até 305 m (1.000 pés) por minuto, mesmo em dias quentes. A excelente performance de subida do DA20 se deve principalmente à asa com um alongamento de 10,2 e que emprega o perfil Wortmann FX 63-137/20 HOAC. Esse tipo de perfil, muito comum em planadores, permite reduzir consideravelmente o arrasto induzido.

A seguir, temos o desenho em três vistas do Diamond DA20-C1 Eclipse:

---

<sup>5</sup> A USAF (Força Aérea dos Estados Unidos) selecionou o DA20-C1 para o AETC (*Air Education Training Command*) utilizado pelo *1st Flying Training Squadron* na seleção dos cadetes. Inicialmente, operados pela *Universidade Embry Riddle*, terceirizada da Força aérea até 2007, e hoje pela *DOSS Aviation*, no programa IFS (*Introductory Flight Screening*).



**Figura 52** - Desenho em três vistas do Diamond DA20-C1 Eclipse (Diamond Aircraft, 2012).

### 3.2.2. ENAER T-35 Pillán

Até meados dos anos 80, a Força Aérea Chilena contava com uma frota de aviões treinadores Beechcraft T-34 Mentor. No entanto, devido ao embargo comercial imposto pelo Congresso dos Estados Unidos no ano de 1976, o suprimento e a manutenção destas aeronaves ficaram comprometidas.



**Figura 53** - ENAER T-35 Pillán (<https://www.aereo.jor.br/2019/02/06/enaer-quer-colocar-o-treinador-pillan-proximo-ao-patamar-do-super-tucano/>).

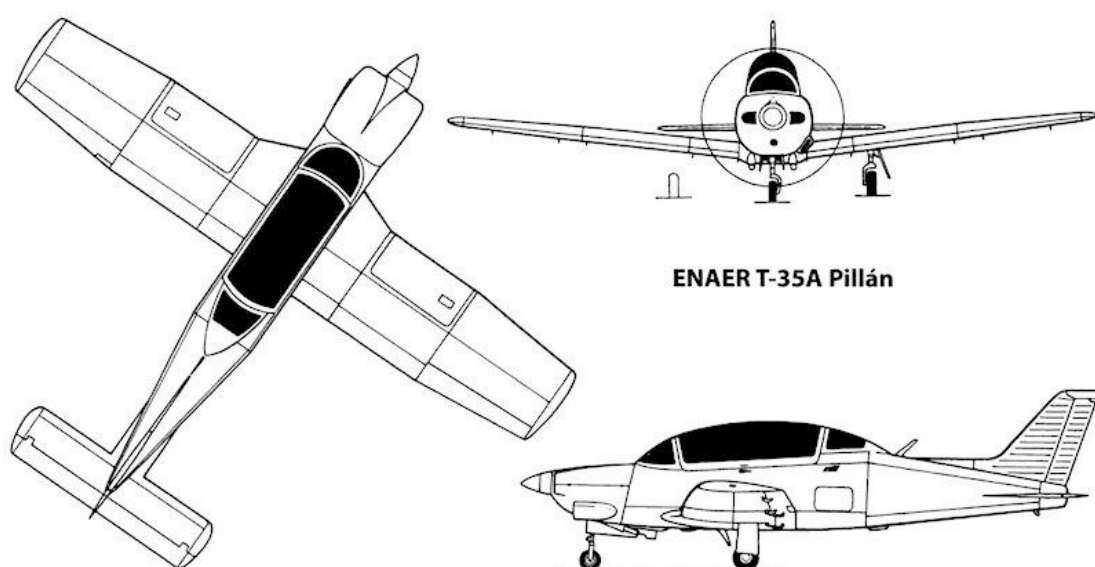
O desenvolvimento do futuro T-35 começou em março de 1979, através de um requerimento da FACH. A solução veio por meio do projeto PA-28R-300 Pillán. Desenvolvido pela Piper Aircraft, nos Estados Unidos, era uma aeronave de instrução militar biplace, mesclando seções entre as fuselagens do PA-28R-300 e do PA-32R Saratoga, além de reforços estruturais nas asas para a realização de manobras acrobáticas.

Foram construídos três protótipos, sendo o terceiro montado pela ENAER em 1982. A sua produção em série se iniciou em setembro de 1984 e, em julho de 1985, o primeiro T-35 era entregue à FACH. Desde então, o "Pillán" já completou mais de 300.000 horas de voo e, além do Chile, está em operação em diversos países como: Espanha, Panamá, Paraguai, El Salvador, Guatemala, República Dominicana e Equador.

O T-35 "Pillán" é um avião militar de treinamento, monomotor, biplace com assentos em tandem, de construção metálica e trem de pouso triciclo retrátil. Foi concebido para atender as exigências da instrução primária de voo a um menor custo, ideal para as forças aéreas com baixo orçamento; e, ao mesmo tempo, capacitar os futuros aviadores às aeronaves de desempenho superior.

O conjunto motopropulsor é formado pelo motor de seis cilindros Lycoming IO-540-K1K5, de 300 hp de potência acionando uma hélice tripá Hartzell de passo variável. Altamente manobrável e com excelente razão de subida, permite a realização de manobras verticais com segurança.

O canopi em formato bolha garante boa visibilidade para qualquer atitude de voo. O cockpit pode incluir ar condicionado e é certificado para voos em condições visuais e IFR e, de acordo com as especificações do cliente, pode contar com aviônica digital.



**Figura 54** - Desenho em três vistas do ENAER T-35 Pillán  
(<http://aviadejavu.ru/Site/Crafts/Craft31390.htm>).

### 3.2.3. Grob G115E Tutor T.1/G120A/G120TP

A Grob Aircraft é uma tradicional fabricante alemã de aeronaves leves, anteriormente conhecida como Grob Aerospace. Desde 1970 domina a técnica de fabricação de aviões em fibra de carbono reforçado. No histórico de projetos da empresa encontram-se desde planadores a treinadores e o jato executivo Grob SP<sup>n</sup>.

Como o objetivo deste trabalho é avaliar as diversas aeronaves de instrução no mercado, descreveremos três soluções oferecidas pela empresa: os monomotores a pistão Grob G115E e G120A e o turbohélice G120TP.

O Grob G115, conhecido por Tutor T.1, é uma aeronave leve de treinamento primário, biplace lado-a-lado, asa baixa e com trem de pouso fixo. Possui um motor Lycoming AEIO-360-B1F/B, de 180 hp, com sistema de lubrificação para voo invertido e utiliza uma hélice tripá Hoffmann ou MT. Todo construída em material compósito é homologado para voos acrobáticos (+6,0G/-3,0G).

Foi projetado para substituir o Scottish Aviation Bulldog T.1 nos esquadrões de instrução da RAF. Seu primeiro voo foi em novembro de 1985, e ainda se encontra em produção e operação em 10 países, tanto na aviação civil e militar.

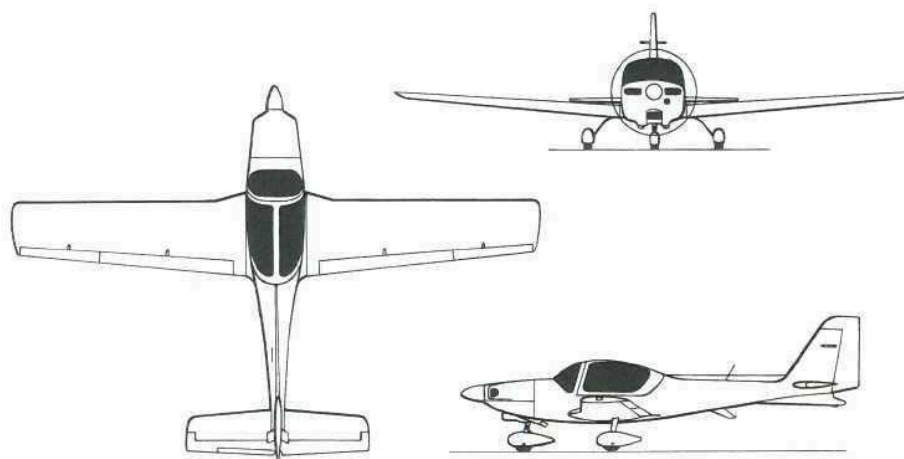


**Figura 55** - Grob G115E Tutor T.1 do Esquadrão Aéreo da Universidade de Birmingham, Força Aérea Real ([https://pt.wikipedia.org/wiki/Grob\\_G\\_115](https://pt.wikipedia.org/wiki/Grob_G_115)).



**Figura 56** - Painel de instrumentos do Grob G115E Tutor T.1 (<https://www.airliners.net/photo/VT-Aerospace/Grob-G-115E-Tutor-T1/1532292/L>).





**Figura 57** – Desenho em três vistas do Grob G115E Tutor T.1  
(<https://doc8643.com/aircraft/G115>).

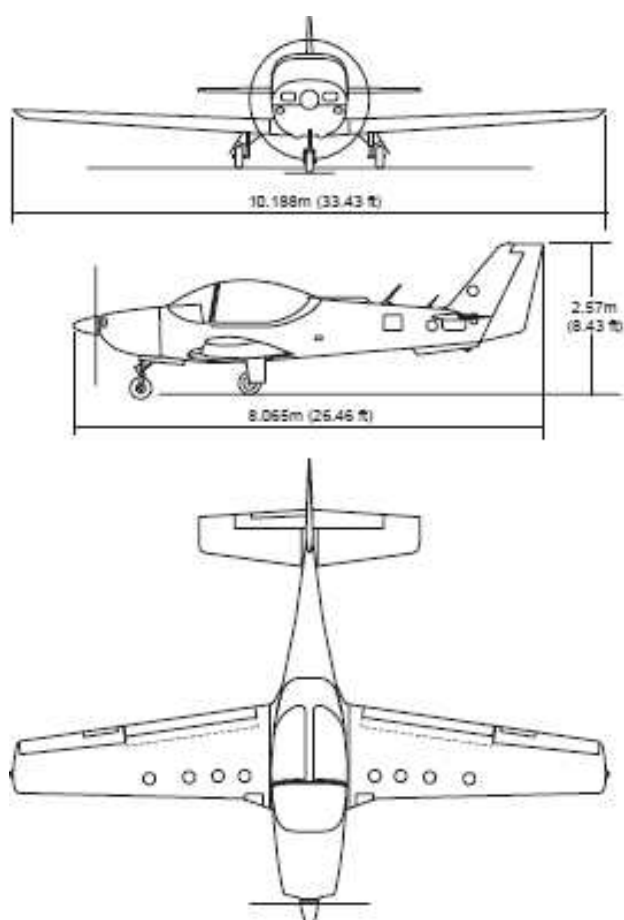
O segundo modelo da família de treinadores da Grob, o G120A é baseado no seu antecessor, o G115TA. Especialmente desenvolvido para treinamento de pilotos civis e militares e fabricação em material compósito, externamente difere da série G115 por possuir um motor mais potente Lycoming AEIO-540-D4D5, de 260 hp, trem de pouso retrátil e um limite estrutural maior (+6,0G/-4,0G).



**Figura 58** - Grob G120A da Força Aérea do Quênia  
([https://pt.wikipedia.org/wiki/Grob\\_G\\_120](https://pt.wikipedia.org/wiki/Grob_G_120)).



**Figura 59** - Painel de instrumentos do Grob 120A  
(<https://www.jetphotos.com/photo/465484>).



**Figura 60** - Desenho em três vistas do Grob G120A (Flight Manual Grob G120A).

A mais nova plataforma de instrução de pilotos civis e militares da Grob, o modelo G 120TP a princípio foi projetado para ser um desenvolvimento do G 120A, mas após a adição de um motor turboélice Rolls-Royce M250-B17F de 456 shp, o processo de desenvolvimento originou uma nova aeronave. Com a nova motorização, o G 120TP passou a oferecer novas possibilidades para treinamento básico e avançado de pilotos, capacitando-os para o treinamento em aviões a jato.

Seu primeiro voo foi realizado em 2010 e a certificação de tipo 23 da EASA foi concluída em maio de 2013. Encontra-se em operação em sete países ao redor do mundo. No continente americano é operado pela Argentina, pelo México e pela aviação do Exército dos Estados Unidos.



**Figura 61** - Grob G120TP (<https://www.defensenews.com/training-sim/2016/11/18/uk-receives-new-generation-g-120tp-aircraft-for-pilot-training/>).

A estrutura é feita de plástico reforçado com fibra de vidro e tem um limite estrutural para + 6/-4g. As asas são feitas de compósitos de fibra de carbono e são dotadas de *winglets*, para maior eficiência aerodinâmica e consumo menor de combustível.

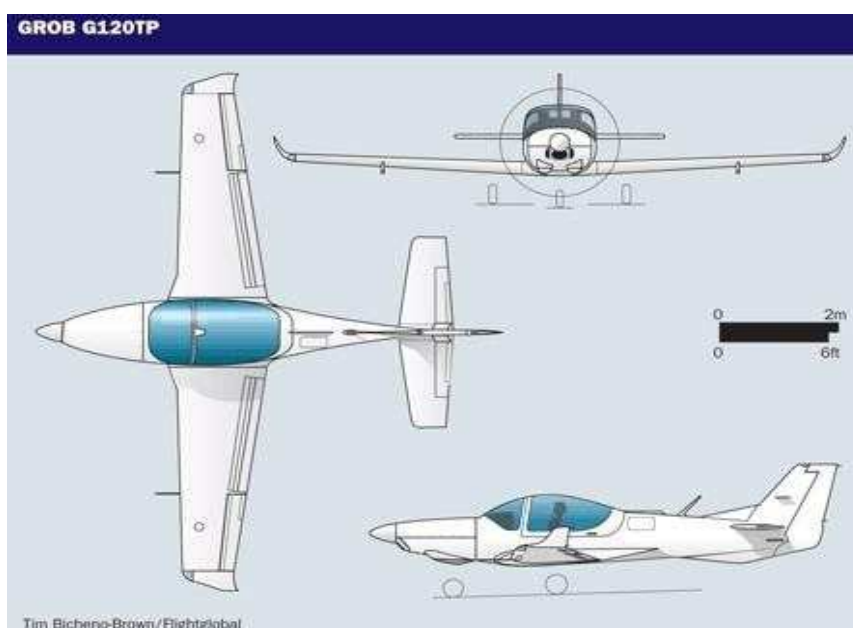
O cockpit oferece um amplo espaço visando o conforto de alunos e instrutores. Conta com um sistema de piloto automático e de ar condicionado, assim como um sistema de oxigênio e uma segunda alavanca de empuxo. Para uma maior

segurança em emergências, opcionalmente, pode receber os assentos ejetáveis leves Martin-Baker Mk.17.

Ao contrário das versões anteriores, o painel de instrumentos não dispõe de mostradores analógicos, mas de 4 telas EFIS Genesys Aerosystems IDU-680 e um sistema de controle HOTAS (*Hands On Throttle-And-Stick*), semelhante ao encontrado em outros tipos de aeronaves comerciais. Desse modo, portanto, permite através da mesma plataforma o treinamento básico e avançado para futuros os pilotos de caça, transporte ou asas rotativas.



**Figura 62** - Tela EFIS Genesys Aerosystems IDU-680  
(<https://grob-aircraft.com/en/g-120tp.html>).



**Figura 63** - Desenho em três vistas do Grob G120TP  
(<http://www.freerepublic.com/focus/news/2666603/posts>).

### 3.2.4. Novaer T-Xc

As origens do Novaer T-Xc remontam ao ano de 2007, quando a empresa Geometra BTE (Bureau de Tecnologia), adquiriu de Joseph Kovács os direitos autorais do experimental acrobático K-51 Peregrino. Idealizado por Kovács, renomado projetista que concebeu o Neiva T-25 Universal e o Embraer T-27 Tucano, o K-51 é uma aeronave de alto desempenho acrobático e com conceito e desempenho que o tornam ideais para uma aeronave de treinamento militar.

O projeto foi apresentado no Salão internacional de Paris em 15 de junho de 2009 e foi renomeado T-Xc. Em 2010, a Geômetra mudou seu nome para Novaer Craft, após conseguir um financiamento pela FINEP. Dois anos mais tarde, foi assinado um contrato de investimento com a empresa catarinense SC Parcerias, visando a sua fabricação naquele estado. E, em 2013, era iniciada a construção do primeiro protótipo, matrícula PP-ZKV, que voou no dia 22 de agosto de 2014.



**Figura 64** - Primeiro voo do T-Xc no dia 22 de agosto de 2014

(<http://www.cavok.com.br/blog/aeronave-t-xc-da-novaer-realiza-com-sucesso-seu-primeiro-voo/>).

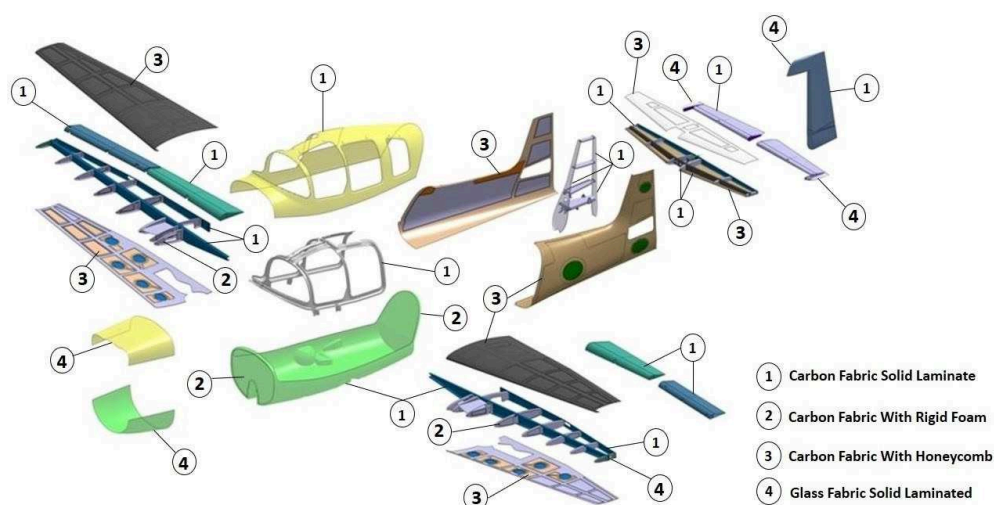
A partir de uma mesma plataforma e visando atender ao mercado civil e militar, a Novaer desenvolveu duas aeronaves, uma dedicada a missões de treinamento (T-Xc Pilgrin) e outra utilitária (U-Xc Stardream). Ambas seguem o

conceito aerodinâmico do K-51 e possuem a mesa fuselagem, asas, motor, aviônicos e cabine. Por definição, a aeronave é um monomotor a pistão, monoplano de asa baixa, cuja estrutura é integralmente constituída de fibra de carbono curada em autoclave e seu trem de pouso é retrátil, do tipo triciclo.

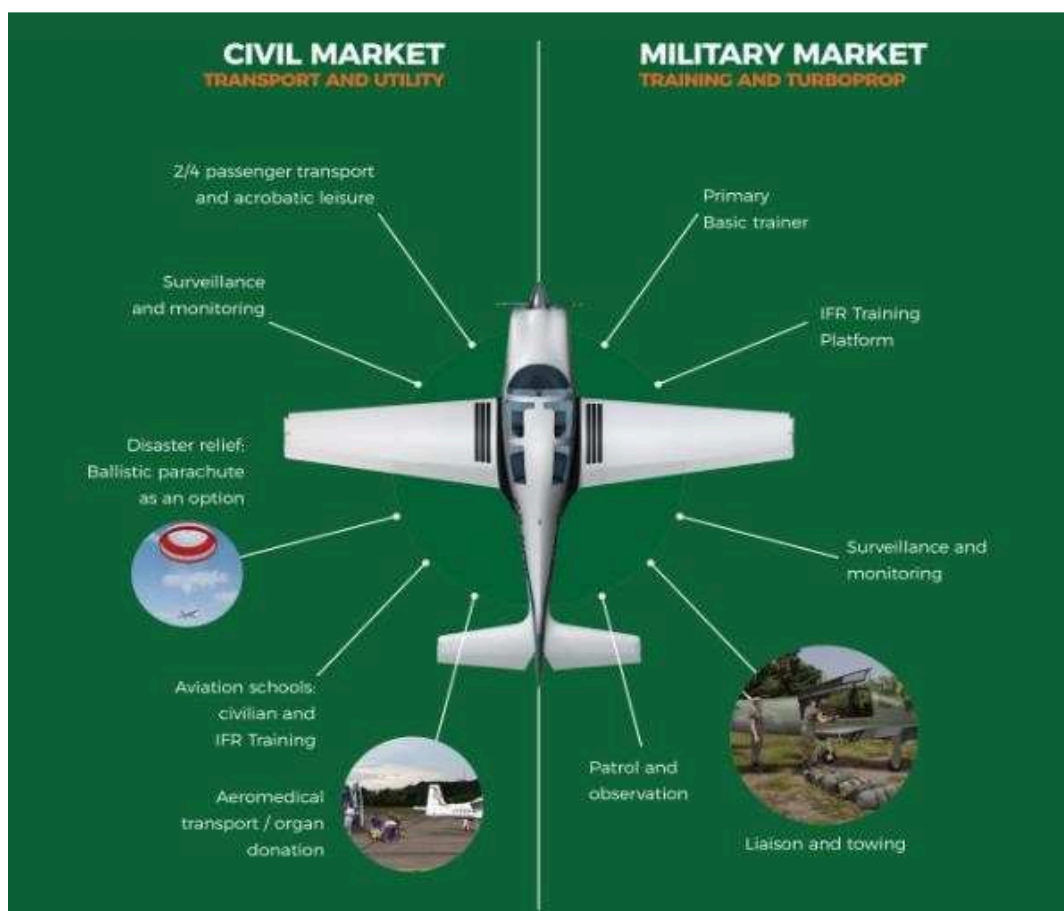


**Figura 65** - T-Xc Pilgrin (à esquerda) e U-Xc Stardream (à direita) (<http://www.novaer.ind.br/t-xc/>).

Ambas as versões possuem mais de 90% de comunabilidade e são equipadas com um motor Lycoming AEIO-580, de 315 hp, e hélice tripá. A aviônica escolhida é a Garmin G1000, sendo três telas coloridas (uma centralizada e as demais à frente dos tripulantes) com capacidade *full* IFR. E possuem duplo comando com assentos dispostos lado-a-lado com o acesso à cabine feito através de portas articuladas para cima, estilo “gaiivota”.



**Figura 66** - Componentes de carbono e de fibra de vidro do T-Xc (Tilki, 2014).



**Figura 67** - Particularidades entre a versão civil e militar

(<http://www.novaer.ind.br/t-xc/>).

Na versão U-Xc previa-se o uso de paraquedas balístico, no T-Xc os pilotos podem contar com paraquedas instalado no próprio assento, para salto livre, onde o abandono é feito por ejeção das portas da cabine. O T-Xc é mais leve, leva menos combustível e apresenta uma capacidade de carga menor que o U-Xc, porém é mais ágil, tem maior teto de serviço e velocidade de cruzeiro. Embora as suas diferenças residem na missão fim, ambas as versões podem atender ao mercado militar, desde a formação de pilotos em níveis primário e básico e o segundo em missões de ligação, observação e transporte.

Porém para atender aos requisitos militares, que variam de um operador a outro, a aeronave foi concebida para ser customizável e, assim, agregar novos recursos. Dentre os quais, a opção de assentos ejetáveis e uma nova aviônica com sistema de gravação de dados, além do uso de um visor tipo HUD (*Heap Up-Display*) e sistema HOTAS.

Outra modificação importante é o canopi, passando a ser composto por duas peças apenas: para-brisas e cobertura em forma de bolha, conferindo mais visibilidade e consciência situacional ao instrutor e ao aluno. Há a possibilidade de um motor turboélice, em vez do motor a pistão de 315 hp. À esta nova versão, a empresa adotou o nome Sovi, uma ave de rapina genuinamente brasileira.



**Figura 68** - Novaer Sovi (<https://www.aereo.jor.br/2014/09/30/t-xc-ministro-da-defesa-recebe-novaer-em-brasilia/>).



**Figura 69** - Desenho em três vistas do Novaer T-Xc (<https://www.aereo.jor.br/2013/01/23/novaer-apresentada-as-primeiras-pecas-do-txc/>).



### 3.2.5. PAC CT-4E Airtrainer

O projeto do CT-4 se iniciou em 1971, por meio de um requerimento da RAAF (*Royal Australian Air Force*) que desejava substituir seus antigos treinadores básicos CAC CA-25 Winjeel. Baseado na fuselagem do Victa Aircruiser, um monoplane quadriplace australiano, diferia pelo nariz mais volumoso que aloja o motor de 300 hp e pelo canopi em formato de bolha, permitindo ampla visibilidade externa.



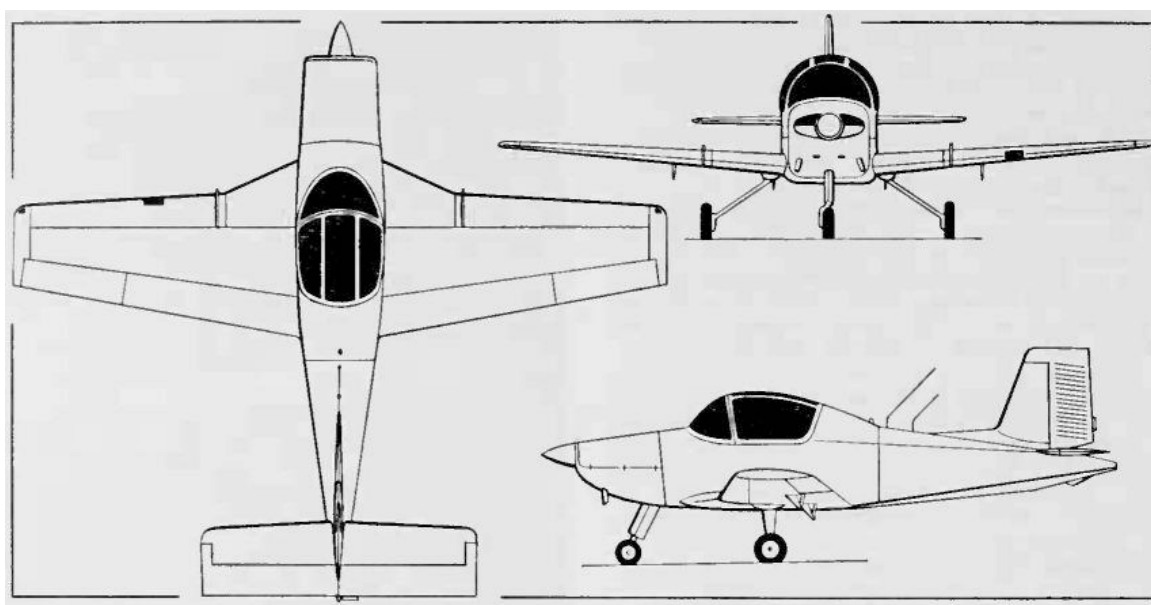
**Figura 70** - PAC CT-4E Airtrainer (<http://aviadejavu.ru/Site/Crafts/Craft21645.htm>).

O primeiro protótipo voou em 23 de fevereiro de 1972. No mesmo ano, a empresa neozelandesa AESL adquiriu os direitos de produção dos modelos Victa Airtourer e do Aircruiser. Desde então, o CT-4 foi produzido a partir na cidade de Hamilton, sede da Pacific Aerospace. Até o ano de 2013, foram fabricados 155 exemplares, muitos dos quais em operação na Austrália e Nova Zelândia.

O CT-4 é uma aeronave biplace lado-a-lado, monomotor a pistão, asa baixa, de construção toda metálica com trem de pouso triciclo fixo, capaz de operar em condições VFR e IFR, por meio de uma aviônica moderna, com a incorporação do sistema EFIS. É considerado um treinador extremamente robusto e ágil, com baixo custo de operação e manutenção, ideal para a instrução acrobática. Possui homologação civil FAR 23 (+6,0G/-3,0G) e militar inglesa AVP970.

A versão CT-4E dispõe de um motor Lycoming AEIO-540-L1B5, de 300 hp e aciona uma hélice tripá. Possui bom desempenho em manobras verticais e boas características de manejo, com reações bem equilibradas e positivas perdoando possíveis falhas do aluno durante a instrução de voo.

Segundo o fabricante, é uma plataforma ideal para transição aos aviões de treinamento turboélices, como Beechcraft T-6B Texan II e Pilatus PC-21, sendo parte de uma solução de treinamento integrado, um conceito plenamente adotado em diversas escolas de formação de pilotos militares.



**Figura 71** - Desenho em três vistas do PAC CT-4E Airtrainer

(<http://aviadejavu.ru/Site/Crafts/Craft21645.htm>).

### 3.2.6. PAC Super Mushshak

O Super Mushshak ("Super Proficiente") é uma aeronave de treinamento básico, desenvolvida a partir do MFI-17 Mushshak, versão local do Saab MFI-17 Supporter. É fabricado na Aircraft Manufacturing Factory (AMF), pertencente ao Pakistan Aeronautical Complex (PAC), em Kamra, no Paquistão. Em 1981, o país adquiriu os direitos exclusivos de fabricação do modelo e, em 1995, iniciou-se o desenvolvimento do projeto MFI-395, até então, uma atualização do MFI-17.

Projetado segundo o requisito de certificação FAR 23, o Mushshak configura-se numa aeronave utilitária e com capacidade acrobática, de trem de pouso triciclo fixo, capaz de operar em pistas rústicas e não pavimentadas. Tem um amplo cockpit com assentos dispostos lado-a-lado, permitindo um bom contato entre instrutor e aluno, além de um terceiro assento opcional, para um terceiro tripulante. Equipado com um motor de quatro cilindros Lycoming, de 260 hp, e hélice de passo fixo, além um sistema de injeção de combustível Bendix RSA.



**Figura 72 - PAC Super Mushshak**

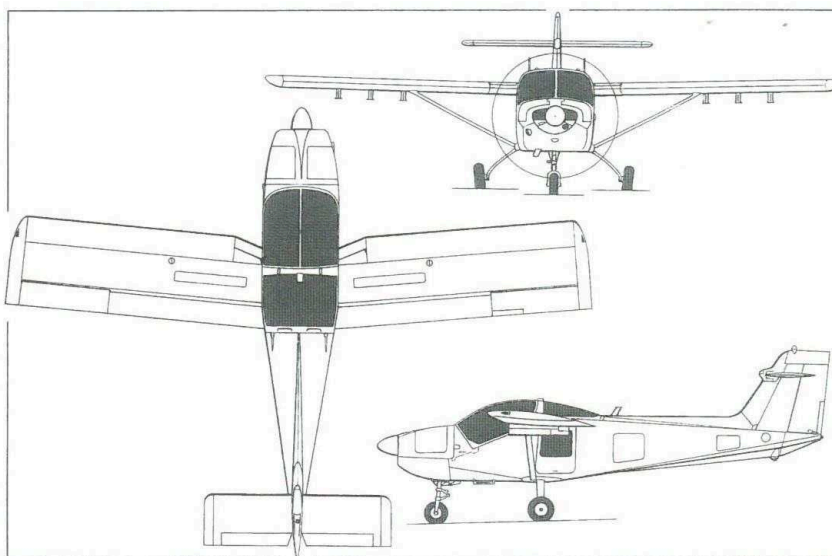
(<https://defpost.com/nigeria-receives-first-super-mushshak-trainer-pakistan/>).

Para maior aprendizado do aluno com as novas tecnologias da navegação aérea para os voos de instrução, inclusive voos por instrumentos (IFR), vem com a opção de um painel *glass cockpit*. Também executa missões secundárias de reconhecimento, observação e transporte. Sob as asas existem pontos de fixação para armas de baixo calibre, permitindo que a aeronave execute missões leves de ataque ao solo e missões de caçador de helicópteros.

Dentre as aeronaves analisadas neste trabalho, o Mushshak possui duas características únicas em relação a seus possíveis concorrentes. Como herança do Saab MFI-15 Safari, antecessor do Supporter, a asa está posicionada acima da fuselagem e possui enflechamento negativo, o que permite um controle maior da aeronave em condições críticas de baixas velocidades.



**Figura 73** - Painel de instrumentos do PAC Super Mushshak (<http://kaiser-aeronaut.blogspot.com/2017/09/super-mushshak-nifty-trainer-comes-of.html>).



**Figura 74** - Desenho em três vistas do PAC Super Mushshak (<http://aviadejavu.ru/Site/Crafts/Craft21851.htm>).

### 3.2.7. SIAI-Marchetti SF.260

O SIAI-Marchetti SF.260, atual Leonardo SF.260, é um avião leve de fabricação italiana largamente empregado como treinador militar e aeronave

acrobática. Projetado pelo famoso designer de aviões italiano Stelio Frati, realizou seu primeiro voo em 15 de julho de 1964. Pouco tempo depois, a SIAI Marchetti adquiriu os direitos sobre a fabricação e continuou sob sua tutela até a sua compra pela AerMacchi, em 1997.

Além de seu papel como instrutor, o SF.260 foi utilizado como aeronave de combate leve. O SF.260W Warrior, sua versão armada de apoio aéreo aproximado, provou ser popular em forças aéreas com orçamentos menores. Até o ano de 2005, mais de 870 exemplares foram construídos.



**Figura 75 - SIAI-Marchetti SF.260**

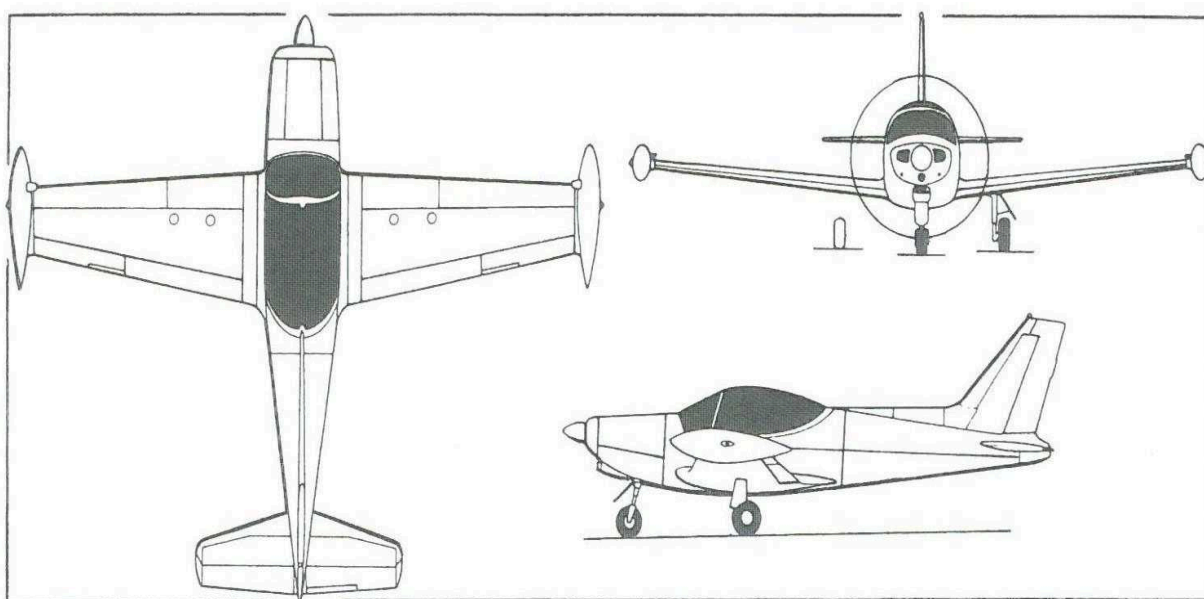
(<https://www.airliners.net/photo/Untitled/SIAI-Marchetti-SF-260/1595097/L>).

O SIAI-Marchetti SF.260 é um monoplano de asa baixa com trem de pouso triciclo e retrátil. Poucos são os treinadores militares com linhas elegantes e esteticamente esportivas, algo típico nos desenhos de Frati. Possui um alto nível de acabamento com a presença de poucos rebites para redução de arrasto, além de um amplo canopi, permitindo ampla visibilidade externa e consciência situacional.

A versão mais utilizada conta com um motor a pistão Lycoming O-540-E4A5, de 260 hp, enquanto que a variante SF.260TP é movida pelo turboélice Allison Model 250, de 350 shp. O modelo padrão utiliza um carburador, enquanto que os modelos totalmente acrobáticos apresentam injeção de combustível. É considerado

uma obra prima de Stelio Frati por apresentar excelente harmonia e precisão dos comandos durante as manobras acrobáticas, inclusive um bom comportamento em baixas velocidades.

Entretanto, por ser uma aeronave relativamente rápida, com rápida resposta dos controles, requer uma atenção maior durante o mergulho. Assim como o T-25 Universal possui um terceiro assento, mas que é removido para a execução de acrobacias, que para maior segurança, devem-se esvaziar os tanques localizados na ponta das asas, reduzindo a autonomia em 1,5 hora.



**Figura 76** - Desenho em três vistas do SIAI-Marchetti SF.260 ([https://www.the-blueprints.com/blueprints/modernplanes/modern-sa-st/45994/view/siai-marchetti\\_sf260w/](https://www.the-blueprints.com/blueprints/modernplanes/modern-sa-st/45994/view/siai-marchetti_sf260w/)).

### 3.2.8. Utva Lasta 95

O Utva Lasta 95 é um avião leve de treinamento militar, produzido pela Utva Aviation Industry, empresa sediada em Pančevo, na Sérvia. De modo semelhante a algumas aeronaves da categoria dos treinadores básicos, a asa é localizada abaixo da fuselagem, toda metálica, e tem os assentos dispostos em tandem, cobertos por um volumoso canopi em bolha. O trem de pouso é todo retrátil e reparado para operar em pisos duros e rústicos.

O Lasta, que em sérvio significa andorinha, é capaz de executar uma ampla gama de missões, desde o treinamento básico, voos de instrução visual e por instrumentos, manobras acrobáticas, além do voo tático empregando armamentos em missões contra insurgência.

Foi desenvolvido para substituir o monomotor Utva 75 e o jato de treinamento avançado Soko G-2 Galeb, ambos em operação na antiga Iugoslávia. O primeiro protótipo, Lasta 1, voou em 2 de setembro de 1985 e, em 1989, o segundo protótipo era iniciado. Mas foi perdido junto outras cinco modelos do tipo, após um bombardeio das forças da Otan em 1999.

O último e definitivo protótipo, o Lasta 95, teve seu desenvolvimento iniciado em 2006, ganhando os ares em 26 de fevereiro de 2009. Atualmente encontra-se operacional no Iraque (20 unidades) e na Sérvia (26 unidades).



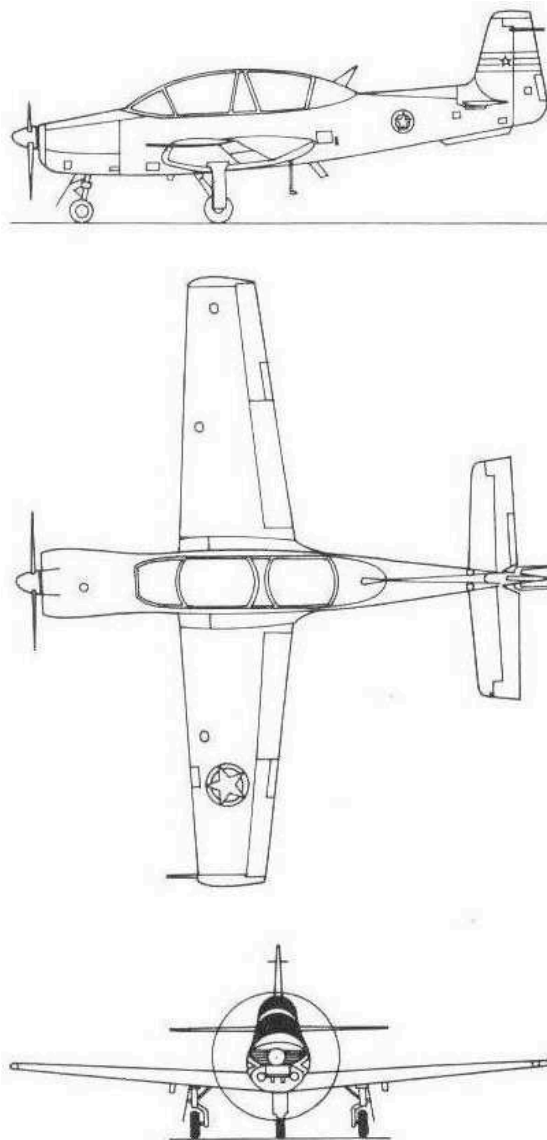
**Figura 77 - Utva Lasta 95**

([https://www.mycity-military.com/Avioni/LASTA-95\\_225.html](https://www.mycity-military.com/Avioni/LASTA-95_225.html)).

Possui certificação FAR 23, na categoria acrobática (limite estrutural +6,0G/-3,0G). É equipado com um motor Lycoming AEIO-580-B1A, de 300 hp, e seis cilindros, acionando um hélice bipá Hartzell HC-C2YR-4CF/FC 8475-6.

A versão Lasta 95V-54 é equipada com um novo painel de instrumentos com a suíte de aviônicos Garmin G500, incluindo uma tela PFD (*Primary Flight Display*) e

outra MFD (*Multi-function Display*), além de um sistema de pouso por instrumentos sob condições meteorológicas ILS CATII.



**Figura 78** - Desenho em três vistas do Utva Lasta 95

(<http://www.livingwarbirds.com/utva-lasta.php>).

### 3.2.9. Zlin Z 242L Guru

O Zlin Z 242L é um avião destinado ao treinamento básico/avançado para voos VFR diurno e noturno e treinamento IFR. Pertencente à longa série 42/142/242 é fabricado na República Tcheca pela firma Moravan Otrokovice. O primeiro voo



desta série foi em 17 de outubro de 1970 e é considerado um dos aviões acrobático/utilitários mais populares do mundo. O Zlin Z 242L encontra-se em operação na Marinha Mexicana e nas Forças Aéreas da Bolívia, Croácia, Eslovênia, Hungria, Macedônia e Peru.

A versão Z 242L começou a ser desenvolvida na década de 80 e é destinada à instrução básica e avançada em escolas civis e militares, para reboque de planadores, homologado tanto para voos VFR, quanto IFR. Possui certificação de tipo FAR, EASA e o limite estrutural de sua célula é de +6/-3,5 g.

A seção central de sua fuselagem é constituída por tubos de aço soldados, revestido com chapas metálicas e partes em fibra de vidro. O cone de cauda possui estrutura monocoque e a empenagem, assim como as asas, são de construção metálica. O trem de pouso é do tipo triciclo fixo.



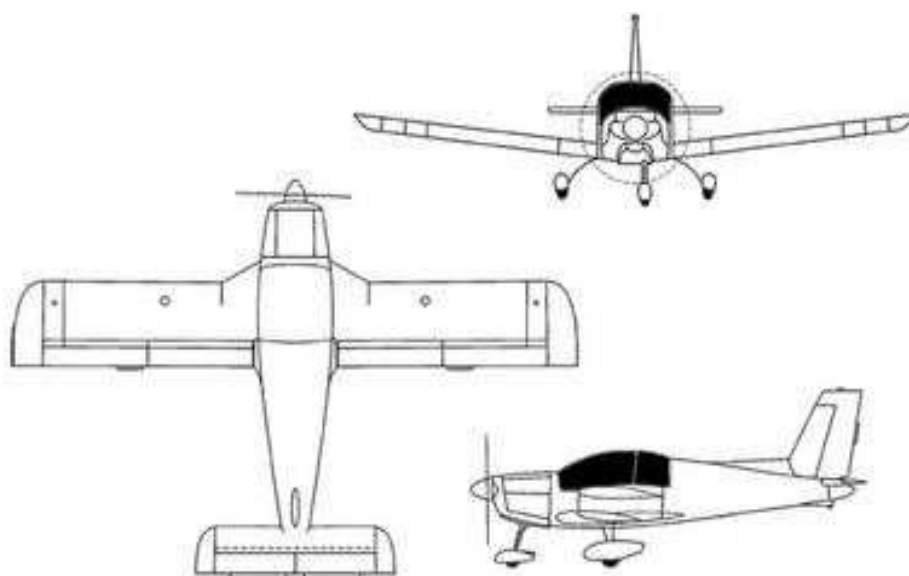
**Figura 79** - Zlin 242L (<https://www.zlinaircraft.eu/en/Aircraft/Z-242-L-Guru-en/>).

Sendo um modelo acrobático possui lubrificação para voo invertido. É equipado com um motor de quatro cilindros Lycoming AEIO-360-A1B6, de 200 hp. O conjunto motopropulsor dispõe de um hélice tripá MT MTV-9-B-C/C-188-18a, de fabricação alemã.



**Figura 80** - Painel do Zlin 242L

(<https://www.aereo.jor.br/2016/11/08/treinadores-zlin-z-242l-guru-para-a-bolivia/>).



**Figura 81** - Desenho em três vistas do Zlin 242L

(<https://imgcop.com/img/Zlin-242-For-Sale-46130565/>).

A seguir, tem-se uma tabela comparativa, onde apresenta a ficha técnica de cada aeronave para fins comparação.

**Tabela 9 - Ficha técnica das aeronaves de treinamento militar em operação.**

<b>Fabricante</b>		<b>Diamond</b>	<b>ENAER</b>	<b>Grob</b>	<b>Grob</b>	
Parâmetros	Unidades	<b>DA20-C1 Eclipse</b>	<b>T-35 Pillán</b>	<b>G115E</b>	<b>G120A</b>	
<b>Dimensões</b>						
Envergadura	m	10,89	8,84	10	10,18	
Comprimento	m	7,24	8,00	7,55	8,07	
Altura	m	2,16	2,64	2,4	2,66	
Superfície Alar	m <sup>2</sup>	11,61	13,69	12,2	13,3	
<b>Pesos</b>						
Peso Vazio Básico	kg	551	833	685	960	
Peso Máximo	kg	800	1315	990	1490	
Combustível	kg	93	199,76	103	182	
Consumo	l/h	-	-	-	-	
Carga Alar	kg/m <sup>2</sup>	68,9	96,1	81,14	112	
Relação Peso/Potência	kg/hp	6,4	4,4	5,5	5,7	
Fator de Carga	-	+4,4/-2,2	+6,0/-3,0	+6,0/-3,0	+6,0/-4,0	
<b>Performance</b>						
Velocidade Máxima	km/h	220	311	250,2	318,5	
Velocidade de Cruzeiro	(75% de potência)	km/h	140	294	229,7	307,4
	(55% de potência)	km/h	-	-	-	379,66
Velocidade de Estol (com flape)	km/h	78	115	96,3	103,71	
Razão de Subida (Nível do Mar)	m/s	5,08	7,7	5,3	6,5	
Teto de Serviço	m	4000	6218	3050	5500	
Alcance Máximo (75% de potência)	km	1013	1204	1130	1352	
Autonomia (55% de potência)	h	-	5,6	6,2	6,35	
Distância de Decolagem (sobre obs. de 15 m)	m	390	469	461	707	
Distância de Pouso (sobre obs. de 15 m)	m	414	509	457	562	
<b>Dados Gerais</b>						
Motor		Continental IO-240-B	Lycoming IO-540-K1K5	Lycoming AEIO-360-B1F/B	Lycoming AEIO-540-D4D5	
Potência	shp	125	300	180	260	
Rotação	rpm	2800	2700	2700	2700	
Hélice		Sensenich de passo fixo	Hartzell HC-C3YR4BF/FC7663R	Hoffmann ou MT	Hartzell	
Assentos		2	2	2	2	
Preço	U\$	227.800,	-	-	825.000	
Status		Disponível	Disponível	Disponível	Disponível	

Fabricante		Grob	Neiva	Novaer	Pacific Aero
Parâmetros	Unidades	G120TP	T-25 Universal	T-Xc Pilgrim	CT-4E Airtrainer
<b>Dimensões</b>					
Envergadura	m	10,3	11	9,14	7,92
Comprimento	m	8,4	8,6	7,97	7,16
Altura	m	2,7	3	2,76	2,59
Superfície Alar	m <sup>2</sup>	13,5	17,2	12,46	12
<b>Pesos</b>					
Peso Vazio Básico	kg	1095	1200	790	770
Peso Máximo	kg	1550	1700	1140	1180
Combustível	kg	288	342	350	199
Consumo	l/h	-	48,4	-	65
Carga Alar	kg/m <sup>2</sup>	114,8	100,0	91,5	98,6
Relação Peso/Potência	kg/hp	3,4	5,7	3,6	3,9
Fator de Carga	G	+6,0/-4,0	+6,0/-3,0	+6,0/-3,0	+6,0/-3,0
<b>Performance</b>					
Velocidade Máxima	km/h	438,9	300,0	385,2	387,1
Velocidade de Cruzeiro	(75% de potência)	403,7	285,0	344,5	282,0
	(55% de potência)	379,66	241	-	-
Velocidade de Estol (com flape)	km/h	107,41	111	100	83,34
Razão de Subida (Nível do Mar)	m/s	14,5	5,3	11,5	9,3
Teto de Serviço	m	7600	5000	6586,68	5500
Alcance Máximo (75% de potência)	km	1361	1500	1443	963
Autonomia (55% de potência)	h	5,4	-	-	-
Distância de Decolagem (sobre obs. de 15 m)	m	374	650	310	183
Distância de Pouso (sobre obs. de 15 m)	m	497	760	490	244
<b>Dados Gerais</b>					
Motor		Rolls-Royce M250-B17F	Lycoming IO-540-K1D5	Lycoming AEIO-580	Lycoming AEIO-540-L1B5
Potência	shp	456	300	315	300
Rotação	rpm	-	2700	-	-
Hélice		Mühlbauer MT5	Hartzell	-	Hartzell HC-C3YR-4BF
Assentos		2	2	2	2
Preço	U\$	2,7 mi	-	-	-
Status		Disponível	-	Protótipo	Disponível

Fabricante		PAC	SIAI-Marchetti	Utva	Zlin	
Parâmetros	Unidades	<b>Super Mushshak</b>	<b>SF.260</b>	<b>Lasta 95</b>	<b>Z242L Guru</b>	
<b>Dimensões</b>						
Envergadura	m	8,85	8,85	8,35	9,7	
Comprimento	m	7,15	7,15	7,1	7,9	
Altura	m	2,60	2,6	2,41	3,2	
Superfície Alar	m <sup>2</sup>	11,90	11,9	10,1	12,9	
<b>Pesos</b>						
Peso Vazio Básico	kg	760	779	888	745	
Peso Máximo	kg	1250	1200	1210	970	
Combustível	kg	-	273,1	-	132	
Consumo	l/h	-	-	-	-	
Carga Alar	kg/m <sup>2</sup>	105,0	118,8	93,8	73,8	
Relação Peso/Potência	kg/hp	4,8	4,6	4,0	4,9	
Fator de Carga	-	+6,0/-3,0	+6,0/-3,0	+6,0/-3,0	+6,0/-3,5	
<b>Performance</b>						
Velocidade Máxima	km/h	268,0	337,0	345,0	236,0	
Velocidade de Cruzeiro	(75% de potência)	km/h	240,0	333,4	280,0	227,0
	(55% de potência)	-	280	-	-	379,66
Velocidade de Estol (com flape)	km/h	96	110	95	-	
Razão de Subida (Nível do Mar)	m/s	6,2	9,1	8,5	5,5	
Teto de Serviço	m	6705	6100	6000	5500	
Alcance Máximo (75% de potência)	km	814	2018	1160	495	
Autonomia (55% de potência)	h	4,25	-	-	-	
Distância de Decolagem (sobre obs. de 15 m)	m	275	275	-	450	
Distância de Pouso (sobre obs. de 15 m)	m	296	270	-	-	
<b>Dados Gerais</b>						
Motor		Lycoming IO-540 V4A5	Lycoming O-540-E4A5	Lycoming AEIO-580-B1A	Lycoming AEIO-360-A1B6	
Potência	shp	260	260	300	200	
Rotação	rpm	2700	-	-	-	
Hélice		Hartzell	-	Hartzell HC-C2YR-4CF/FC 8475-8	MT MTV-9-B-C/C-188-18a	
Assentos		2 + 1	2 + 1	2	2	
Preço	U\$	-	245.000,	700.000,	115.000,	
Status		Disponível	Disponível	Disponível	Disponível	

#### 4. RESULTADOS

A análise das aeronaves disponíveis no mercado nacional e internacional, por meio da tabela comparativa, permite que sejam plotados os gráficos de barras para cada parâmetro analisado e relacionando-os à aeronave Neiva T-25 Universal, objeto de estudo desse trabalho.

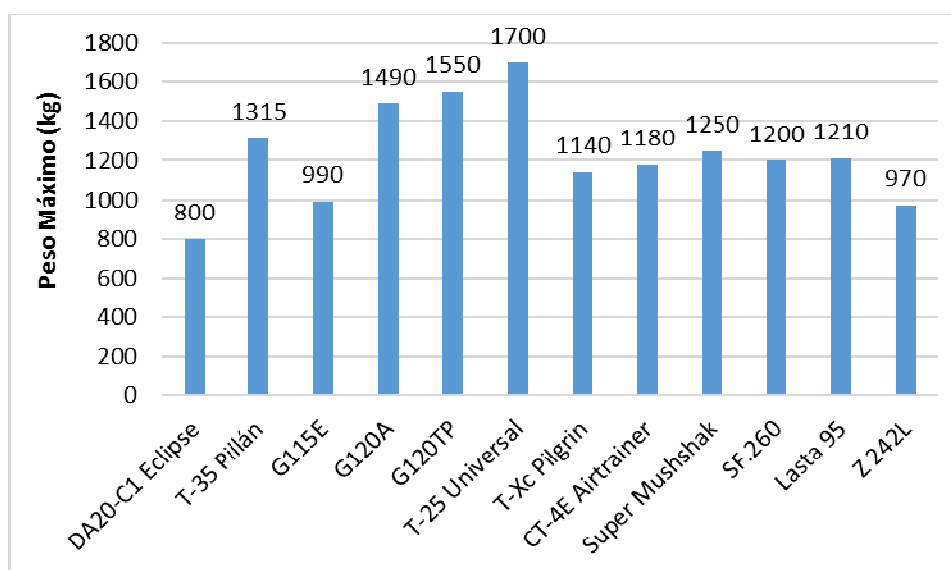


Figura 82 - Gráfico de barras do parâmetro Peso Máximo (Autor, 2019).

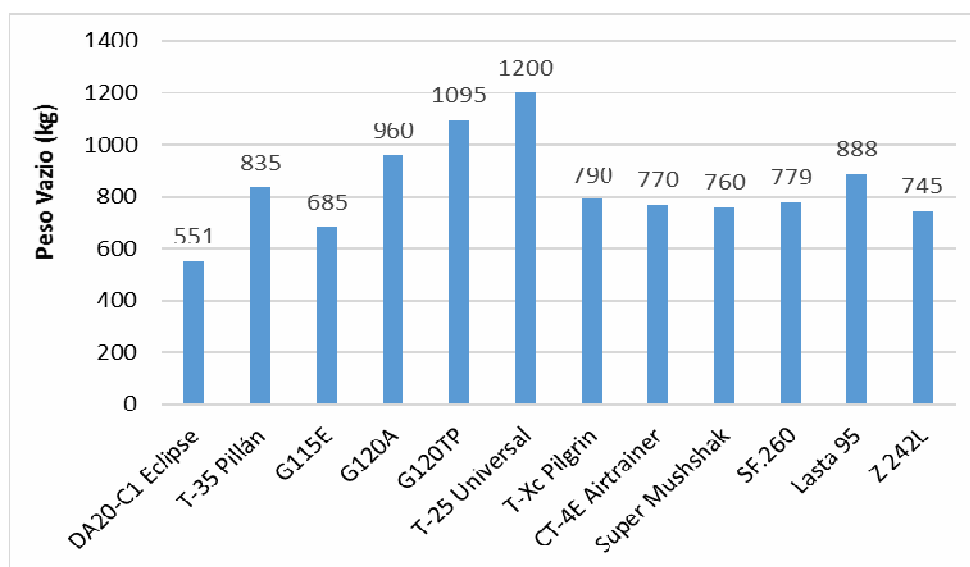
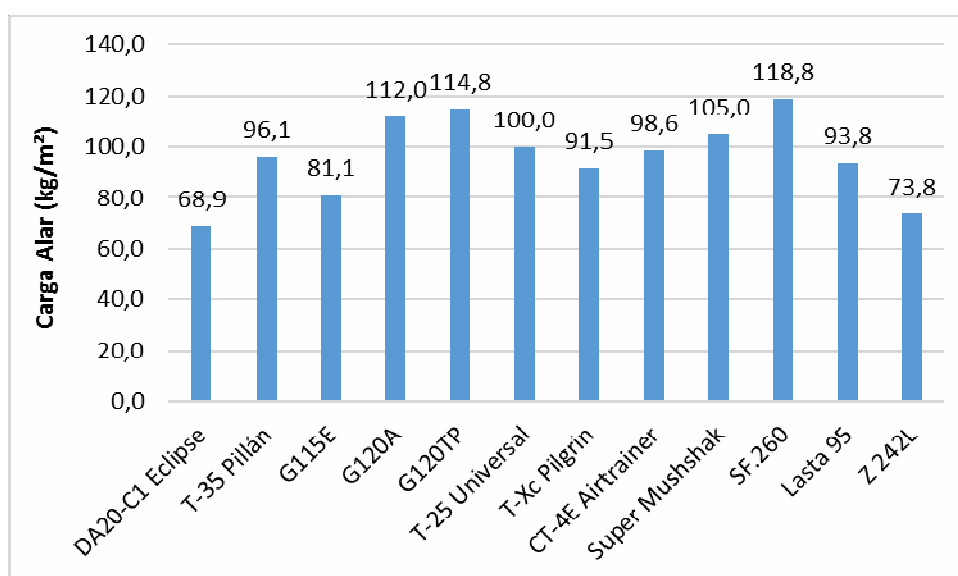


Figura 83 - Gráfico de barras do parâmetro Peso Vazio (Autor, 2019).

O primeiro gráfico nos permite avaliar o peso máximo de decolagem para cada candidato. É perceptível que a aeronave com maior MTOW é o Neiva T-25 Universal, seguida pelo Grob G120TP, a versão G120A e pelo ENAER T-35 Pillán. Interessante notar que quatro aeronaves possuem valores muito próximos (PAC CT-4E Airtrainer, PAC Super Mushshak, SIAI-Marchetti SF.260 e o Utva Lasta 95), devido, possivelmente, ao grande emprego de metais em sua fabricação e a proximidade dos valores de cada uma de suas dimensões. No outro extremo da análise, o Diamond DA20-C1 Eclipse apresenta o menor valor em relação às demais.

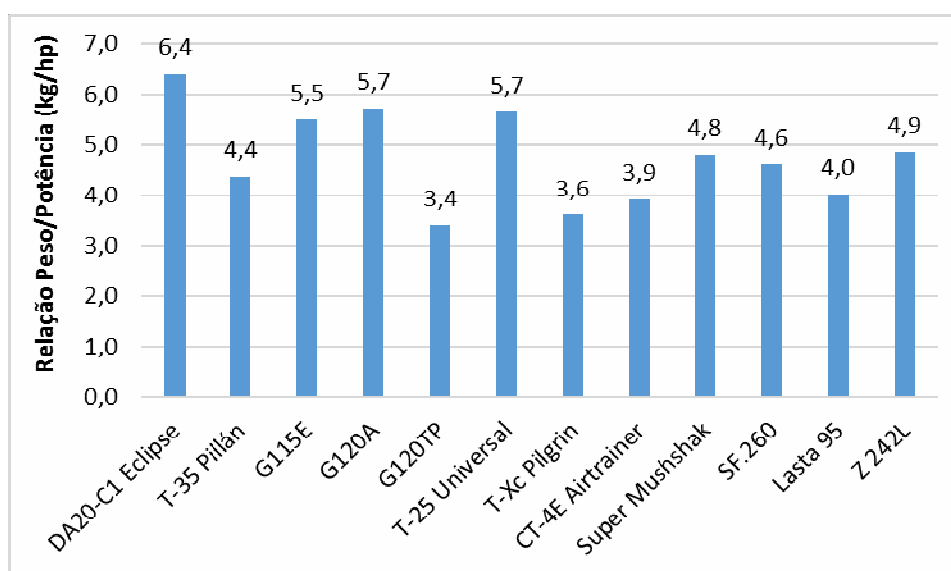
No gráfico seguinte (Figura 82), este mesmo resultado se repete, sendo o DA20C-1 a aeronave com menor peso vazio, seguido pelo Grob G115E Tutor T.1. Cinco aeronaves apresentam um peso vazio muito próximo – Novaer T-Xc Pilgrim, CT-4E, Super Mushshak, SF.260 e o Zlin Z242L –, entre os quatro últimos há uma similaridade em suas dimensões e de emprego de material metálico na sua manufatura. Ao contrário destes, o T-Xc faz um amplo emprego de materiais compósitos em sua célula (Figura 65).



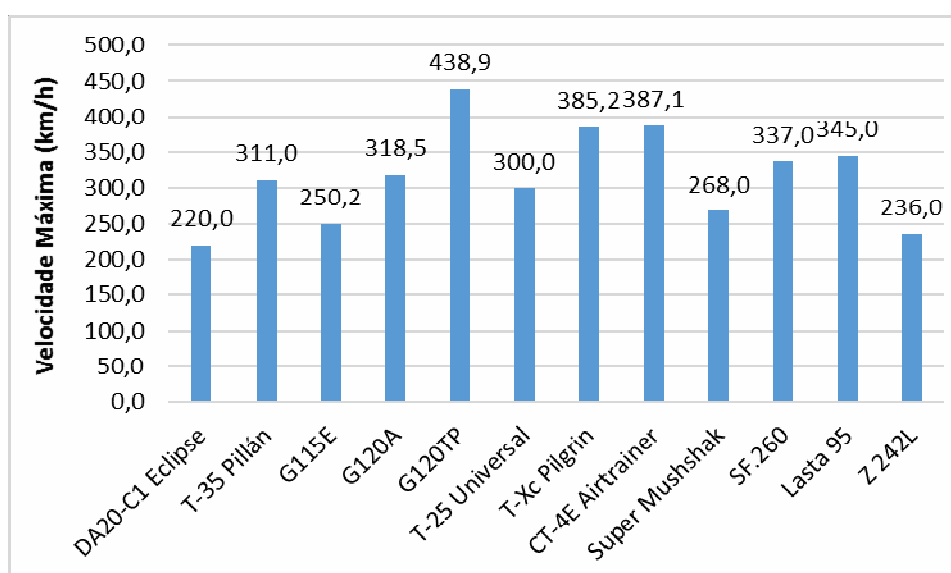
**Figura 84** - Gráfico de barras do parâmetro Carga Alar (Autor, 2019).

Num projeto aeronáutico, o parâmetro de carga alar é extremamente importante, pois age diretamente na velocidade de estol de uma aeronave. Segundo o gráfico acima, a aeronave DA20-C1 apresenta um melhor comportamento para

esta condição, certamente uma herança do histórico de projetos de planadores da empresa. O DA20-C1 é seguido pelo Z 242L e pelo G115E. Para esta condição em comparação do T-25 Universal, os modelos G120A/TP, Super Mushshak e, especialmente o SF.260, não atenderiam a este requisito.



**Figura 85** - Gráfico de barras do parâmetro Relação Peso/Potência (kg/hp) (Autor, 2019).



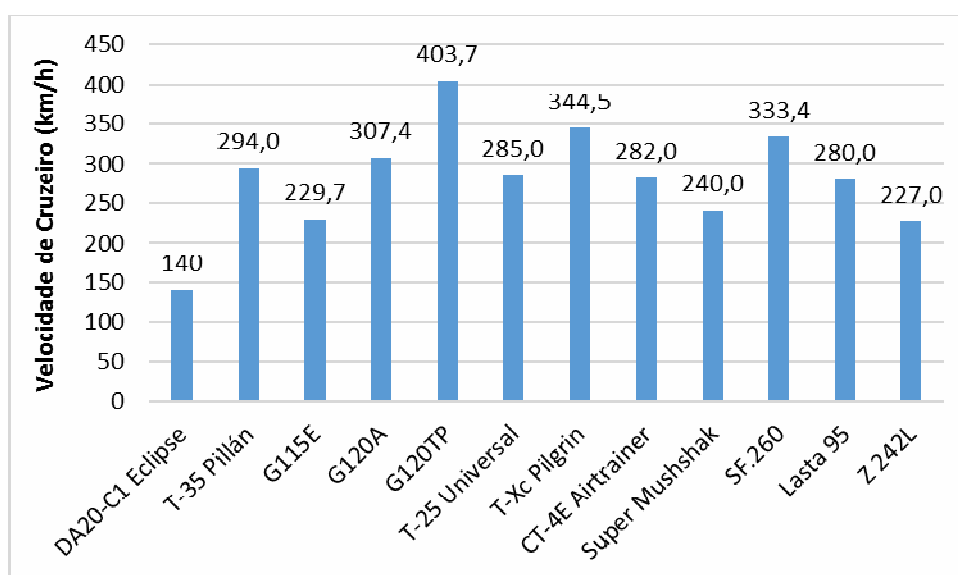
**Figura 86** - Gráfico de barras do parâmetro Velocidade Máxima (Autor, 2019).

A razão entre peso e potência é um dos parâmetros que afetam diretamente o desempenho de uma aeronave. Uma aeronave com pequena relação peso/potência



irá acelerar mais rápido durante a decolagem, fará um voo ascendente em menor tempo e atingirá uma velocidade máxima maior. Pelo gráfico deste parâmetro (Figura 84), o Grob G120TP apresenta a melhor condição – devido à motorização turboélice –, seguido pelo T-Xc, que entre os candidatos com motor a pistão, conta com a maior potência nominal, de 315 hp.

Ao se comparar os valores de velocidade máxima (Figura 84), novamente o Grob G120TP apresenta um maior valor, em razão do fator citado anteriormente. Em seguida, tanto o CT-4E, quanto o T-XC apresentam velocidades maiores e bem próximas. No extremo com a menor velocidade figura o DA20-C1 Eclipse, em razão de adotar de um motor a pistão, de 125 hp apenas.

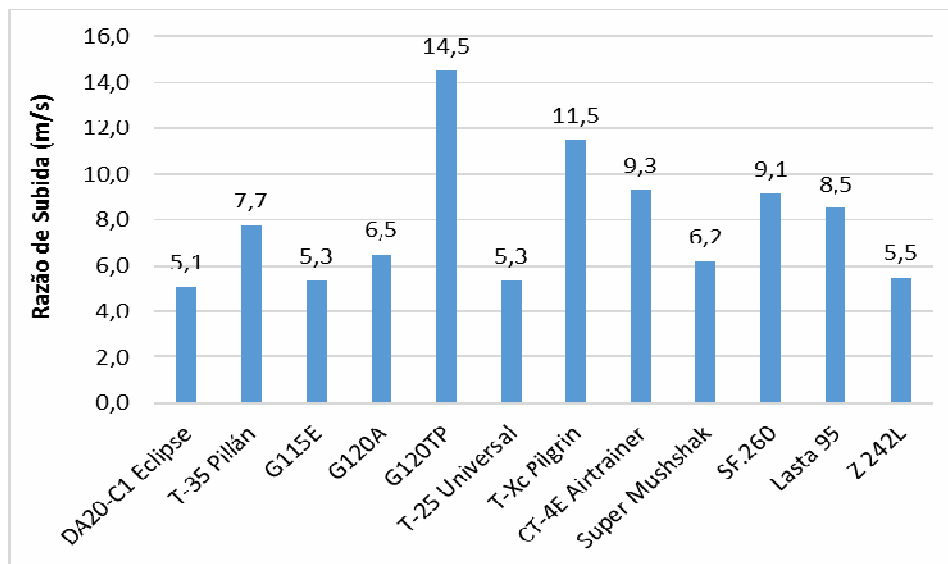


**Figura 87** - Gráfico de barras do parâmetro Velocidade de Cruzeiro (Autor, 2019).

Com relação à velocidade de cruzeiro, apenas quatro candidatos apresentam valores superiores ao o T-25 Universal. Novamente, o alemão G120TP se posiciona em primeiro lugar, seguido pelo T-Xc, pelo italiano SF.260 e o alemão Grob 120A. Até o presente momento, nos três últimos parâmetros avaliados, percebe-se que as plataformas da Grob e da Novaer tem apresentado excelentes resultados.

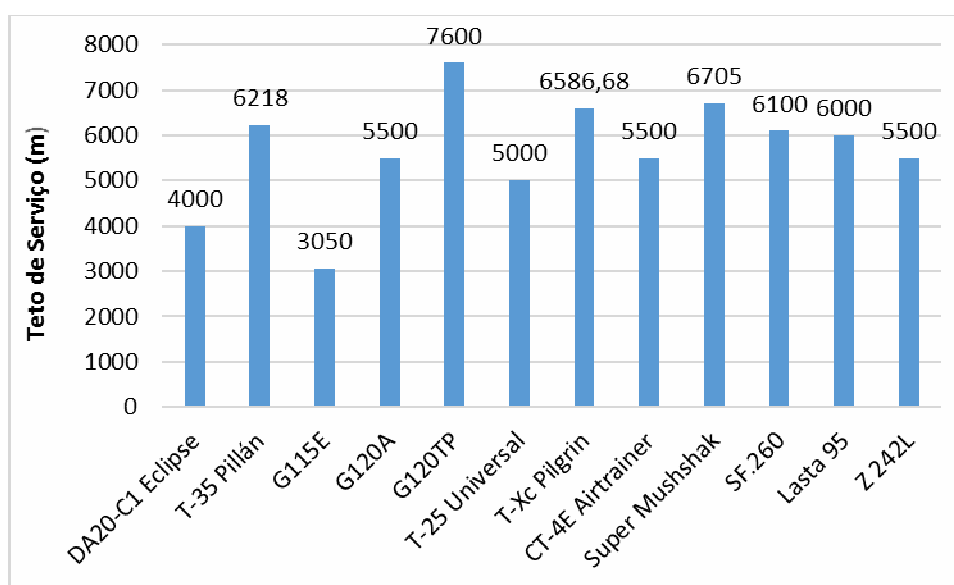
O próximo item avaliado, a razão de subida (Figura 87), é um dos quesitos mais relevantes para um avião de treinamento militar. Segundo os operadores do Neiva T-25 Universal, a baixa razão de subida afeta negativamente seu desempenho em voo acrobático. Conforme visto na seção 3.1., há uma unanimidade

entre os membros da AFA de que a futura aeronave de instrução básica deve ter uma razão de subida superior à do T-25.



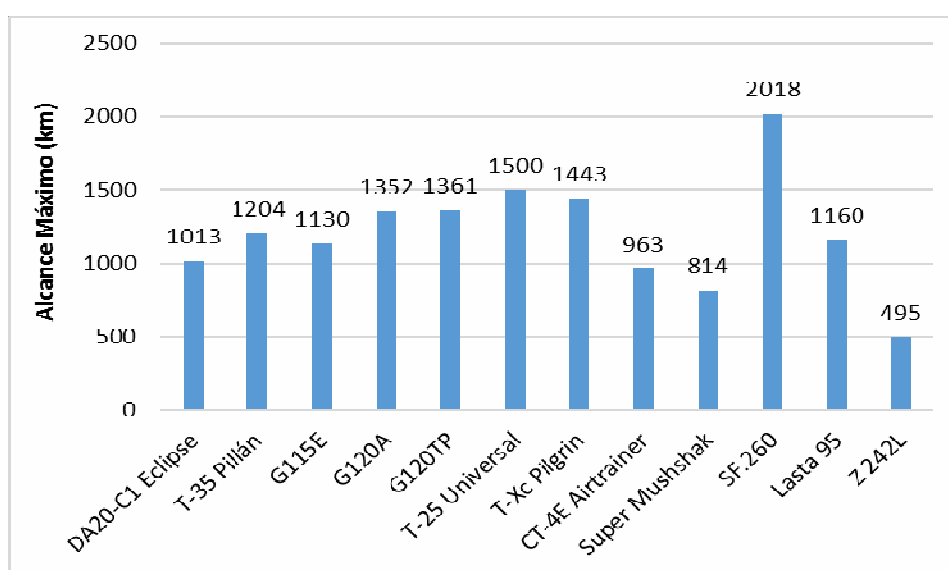
**Figura 88** - Gráfico de barras do parâmetro Razão de Subida (Autor, 2019).

De acordo com os requisitos propostos, no gráfico acima apenas o Diamond DA20-C1 Eclipse não atenderia a esta condição. O tcheco Zlin Z 242L apresenta um valor levemente maior, enquanto que o Grob G115E apresenta o mesmo valor, em relação ao T-25 Universal. Novamente, para este parâmetro, o G120TP e o Novaer T-Xc obtiveram os melhores resultados.



**Figura 89** - Gráfico de barras do parâmetro Teto de Serviço (Autor, 2019).

O penúltimo requisito a ser avaliado é o teto de serviço (Figura 88). Pelo gráfico acima apenas o DA20C-1 e o G115E têm um valor inferior à do T-25 Universal. Exceto o Grob G120 TP, os demais candidatos não dispõem de um sistema embarcado de geração de oxigênio. Mas considerando que a uma altitude superior a 3, 4 e 5 mil m, o corpo humano pode desenvolver uma série de problemas fisiológicos, dificilmente ocorrerão voos de treinamento acima destes valores, em algumas ocasiões, apenas voos de traslado. Portanto, para esta condição todas as aeronaves são elegíveis.



**Figura 90** - Gráfico de barras do parâmetro Alcance Máximo (Autor, 2019).

Por fim, tem-se uma análise comparativa do alcance máximo. Sendo parte do treinamento dos cadetes aviadores da AFA, o voo de navegação é última fase do CFOAV, sendo crucial no seu processo de formação. Logo, em comparação ao T-25, apenas a aeronave SIAI-Marchetti SF.260 atende a este requisito. No entanto, o Novaer T-Xc apresentou um valor bem próximo ao estipulado.

## 5. DISCUSSÃO

Após a realização deste estudo conclui-se que num universo de onze aeronaves de treinamento, o Novaer T-Xc Pilgrim é o candidato com maior potencial para a substituição do Neiva T-25 Universal no 2ºEIA. Na prática, o T-Xc superou o

T-25 em todos os requisitos propostos e possui a vantagem de ser um projeto nacional, o que seria plenamente benéfico ao setor industrial brasileiro. Por ser um projeto dual, atuando como aeronave de treinamento e de transporte leve (utilitária), proporcionaria à Força Aérea Brasileira um leque maior de atuação com o mesmo vetor, reduzindo os custos de operação, logística e manutenção.

A presença de um paraquedas balístico é um fator inovador para a Força Aérea, sendo um diferencial desta aeronave. A motorização é suprida por um motor Lycoming AEIO-580, de 315 hp, mas haviam estudos para uma versão equipada com um turboélice. Segundo Casella (2015), caso a FAB opte por uma versão equipada com motor turboélice padronizar-se-á o querosene de aviação (QAV) como o único combustível da Força, trazendo vantagens logísticas e econômicas.

Contudo, conforme relatado na seção 2.1.4., não se sabe ao certo o destino da aeronave. Em fevereiro de 2017, após a Novaer anunciar o rompimento de contrato por parte da Calidus LLC, sua parceira industrial, a empresa são-joseense se viu obrigada a demitir um grande número de colaboradores. No momento, a Calidus menciona no seu portfólio de produtos, somente o turboélice de ataque leve e treinamento avançado B-250 Bader.

Pelas análises realizadas, o T-Xc é seguido pelo o treinador básico/primário italiano SIAI-Marchetti SF.260. Destaca-se por apresentar o maior alcance entre as aeronaves avaliadas, excelente qualidade de voo, boa performance em cruzeiro e subida. Atualmente, encontra-se em operação na aviação militar de 20 países.

Porém o SF.260 é um projeto oriundo de meados da década de 60 e a sua aquisição será viável se, e somente se, dispor de uma aviônica atualizada. Outro detalhe a ser considerado é sua disponibilidade para venda, pois no momento atual a Leonardo, empresa que adquiriu a linha da SIAI-Marchetti, oferece apenas como plataformas de treinamento, os jatos Aermacchi M-345 e M-346.

O modelo neozelandês PAC CT-4E Airtrainer foi outra plataforma avaliada. Em relação ao T-Xc, possui uma menor razão de subida, mas atinge uma maior velocidade máxima em voo horizontal. É uma solução viável, porém o último exemplar foi construído em 2013, logo se desconhece por quanto tempo, a Pacific Aerospace ainda o manterá na sua linha de produção.

Um outro fator que torna esta aeronave inelegível é a ausência do trem de pouso retrátil, segundo as preferências dos militares da AFA. Esta característica também torna inelegível o monomotor tcheco Zlin Z 242L Guru (apesar de suas

notáveis qualidades como treinador acrobático), O Diamond DA20-C1 Eclipse e o paquistanês PAC Super Mushshak. Entre as aeronaves que foram analisadas, este último é a menos competitiva, sobretudo, por se tratar de um projeto cujas origens remontam ao final da década de 60.

O turboélice alemão Grob G120TP, caso venha a ser adquirido, pode prover a FAB da mais moderna plataforma de instrução aérea disponível no mercado mundial. Sua aviônica moderna possibilita aos futuros aviadores, um tempo menor de adaptação às futuras aeronaves em que eles irão operar. No estudo comparativo, apresentou excelente desempenho, destacando-se pela excelente razão de subida e velocidades máxima e de cruzeiro, graças a aerodinâmica refinada e capacidade do motor turboélice Rolls-Royce M250-B17F, de 456 shp máximo.

A motorização turboélice pode apresentar uma economia substancial no gasto com combustíveis, frente ao exorbitante preço da gasolina de aviação (AvGas)<sup>6</sup> frente ao querosene (QAV)<sup>7</sup>. Entretanto, o custo de aquisição e manutenção de um motor turboélice é superior, frente ao motor a pistão. Além do mais, o preço básico da aeronave, estimado em U\$ 2,7 milhões, pode inviabilizar a aquisição de um grande lote, em função das restrições orçamentárias que atingem o Comando da Aeronáutica.

Os outros modelos da Grob, as variantes G115E e G120A não obtiveram resultados expressivos. Em alguns quesitos, o G115E - que veio a ser substituído no mercado pelo G120A -, até apresenta melhores resultados, devido a leveza estrutural de sua célula e o bom comportamento em baixas velocidades.

O Utva Lasta 95 e o ENAER T-35 Pillán não obtiveram um grande destaque, frente ao T-25 Universal. No Lasta 95, as linhas aerodinâmicas somado a idade do projeto e a seu design agressivo são fatores positivos. Contudo, por ser uma aeronave toda metálica, para ganhar competitividade precisa reduzir seu peso vazio, agregando uma quantidade maior de materiais compósitos em sua estrutura ou na otimização estrutural de alguns componentes.

Segundo Oliveira (2010), os grandes atributos do T-35 Pillán, como candidato a substituição dos T-25, são a simplicidade de projeto e as características de

---

<sup>6</sup> Preço médio do litro de gasolina de aviação estimado em R\$8,25 (Fonte: [http://www2.fab.mil.br/celog/images/combav/GASOLINA\\_AVGAS.xlsx](http://www2.fab.mil.br/celog/images/combav/GASOLINA_AVGAS.xlsx)).

<sup>7</sup> Preço médio do litro de querosene de aviação estimado em R\$ 3,30 (Fonte: [https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/querosene-de-aviacao-alcanca-valor-recorde-de-r-330-o-litro\\_3976.html](https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/querosene-de-aviacao-alcanca-valor-recorde-de-r-330-o-litro_3976.html)).

robustez de seu design, além da facilidade de manutenção, em função do aproveitamento de componentes de aeronaves comercializadas em todo o mundo e isentos de restrições em seu serviço pós-venda. A ENAER, também possui um bom histórico de relações industriais com a Embraer, o que poderia facilitar na manutenção ou montagem local da aeronave.

Mas o autor ressalta que a sua escolha não seria muito vantajosa, devido a alguns parâmetros de desempenho, como a menor capacidade de combustível e boa relação peso/potência, além de se tratar de um projeto da década de 80 que, apesar de estar ganhando uma sobrevida, terá que ser substituído num breve futuro. As dimensões, o peso e a motorização do T-35 Pillán são próximos ao seu concorrente mais próximo, o Lasta 95. Ademais, pesa contra estas plataformas de instrução, o fato de serem biplaces em tandem, contrariando um dos requisitos de projeto.

Segundo dados da Tabela 9, aparentemente a performance do Diamond DA20-C1 Eclipse é inferior ao Neiva T-25 em muitos aspectos. Porém, a motorização menos potente aliada ao baixo peso e a eficiência aerodinâmica podem fazer a diferença no consumo de combustível. Outro fator positivo é a simplicidade dos sistemas, sua aviônica moderna e a grande razão de planeio de 11:1, muito superior à de algumas aeronaves de mesma categoria (em média de 7:1), além do baixo custo de manutenção e operação, o que o faz uma excelente opção para o treinamento inicial dos aviadores.

Estima-se que o custo unitário de aquisição do Diamond DA20-C1 Eclipse é US\$ 227.800,00. Entre os candidatos avaliados, oferece a melhor relação custo/benefício. Não obstante, é homologado apenas para voos em condições visuais e possui a limitação estrutural (fator de carga +4,4/-2,2), inviabilizando a realização de certas manobras acrobáticas.

Caso o mercado não ofereça uma plataforma que supere o T-25 Universal em todos os requisitos, as Divisões de Ensino e Instrução de Voo devem rever a sua metodologia de formação. Por exemplo, pode-se seguir o modelo de formação e duas etapas descrito logo abaixo – adotado por alguns países, como Argentina, Bolívia, Reino Unido e Estados Unidos –, onde dois tipos de aviões são utilizados no treinamento:

1. Etapa 1: formação elementar com a inclusão de um programa de introdução ou monitoramento em voo, utilizando-se aeronaves leves ou ultraleves avançados;
2. Etapa 2: com o uso das novas aeronaves leves, possibilitará a aquisição de um número menor de treinadores básicos, mas capazes de cumprir plenamente a missão dos T-25.

No modelo acima, proposto por Oliveira (2010), o novo currículo do Estágio Primário de Pilotagem Militar teria as 40 horas iniciais de voo em aviões leves e, finalmente, 20 horas de instrução no novo treinador, onde seriam revisados os procedimentos operacionais e de execução de manobras acrobáticas e voo de formatura. A grande vantagem desta nova metodologia é permitir a redução do atrito e o número de desligamentos, dando aos cadetes uma possibilidade maior de adaptação ao voo militar e aprovação para as fases subsequentes da sua formação. Caso este novo modelo de instrução venha a ser introduzido na Academia da Força Aérea, considerando a indisponibilidade do Novaer T-Xc Pilgrim no mercado e de acordo com a avaliação realizada, os treinadores Diamond DA20-C1 Eclipse e Grob G120TP poderiam cumprir a realização das tarefas de instrução no 2º EIA.

Contudo, a adoção de duas aeronaves para um mesmo estágio de instrução pode implicar em alguns entraves logísticos na sua manutenção e operação. Além do mais esta opção caminha em direção oposta à nova filosofia administrativa da Força Aérea Brasileira, a Dimensão 22. O programa visa otimizar o seu *modus operandi*, através da unificação de sua infraestrutura e seus vetores, em cada tipo de missão realizada.

Nesse contexto, um segundo caminho a seguir é optar por apenas uma das aeronaves listadas, a exemplo do Reino Unido que adotou o Grob G120TP no treinamento elementar na RAF (Força Aérea Real Britânica) e Royal Navy (Marinha Real Britânica). Caso a FAB venha a contar com um orçamento adequado à altura de suas necessidades, esta aeronave pode-se encaixar perfeitamente para o sucesso das missões de instrução primária, proporcionando aos futuros cadetes a mais completa e atualizada aeronave de treinamento. Em paralelo, a utilização de simuladores em terra também é um fator que poderá favorecer o aumento da

eficiência do programa de treinamento, permitindo uma maior exposição do aluno às simulações de voo, a um custo consideravelmente menor.

Por outro lado, em meio às aeronaves analisadas existem aquelas, ainda que inferiores ao T-25, condizem com o nosso restrito orçamento e com um melhor custo/benefício, além de atender a alguns dos requisitos necessários. Assim como, pode-se expandir o universo de análise para que outras plataformas de instrução sejam avaliadas. Neste cenário podemos citar algumas versões mais antigas, por exemplo o Grob G115 Tutor T.1 e sua variante melhorada o G120A, ambas com motor a pistão e comprovada capacidade acrobática e com menor valor de aquisição em relação ao turboélice G120TP, além do novo treinador primário russo Yakovlev Yak-152, que se encontra em estágio de desenvolvimento e é movido por um motor a diesel RED A03T.

Finalmente, a melhor alternativa seria o projeto de uma nova aeronave nacional e que, similar ao Novaer T-Xc, transcendesse ao Neiva T-25 Universal em todos os parâmetros de desempenho e tecnologia embarcada. Contudo, para que este novo avião não se transforme apenas em mais um protótipo, a indústria aeronáutica nacional precisa de um aporte maior por parte das autoridades e, assim, possa assegurar o pleno andamento do desenvolvimento de seus produtos até a sua entrada no mercado, algo semelhante ao modelo norte-americano. Após a emissão dos requisitos de um projeto, as empresas do setor aeroespacial e de defesa recebem o respaldo jurídico e financeiro necessários do governo, assegurando a sua sobrevivência no mercado, mesmo se derrotadas nos processos licitatórios.



## 6. CONCLUSÕES

A realização deste trabalho possibilitou que se levantassem uma série de reflexões. No que tange à atividade de instrução aérea, muitos aeroclubes e escolas de aviação possuem uma frota formada por aeronaves, cujos projetos datam das décadas de 40 a 70. Além de mostrar claros sinais de estarem ao final de sua vida útil, muitas se encontram defasadas tecnologicamente frente aos recentes avanços da aviação e dos materiais de engenharia.

Na aviação militar brasileira, a situação não é diferente. O Neiva T-25 Universal, aeronave utilizada no segundo ano de formação dos oficiais aviadores, apesar de ser uma aeronave robusta e confiável, tem apresentado algumas deficiências após 40 anos de operação ininterrupta. O cansaço do motor afeta seu rendimento e prejudica o posicionamento da aeronave no eixo vertical com substancial perda de energia.

O treinamento primário e básico da Academia da Força Aérea é todo realizado em aviões dotadas de instrumentação analógica. Num contexto de emprego, cada vez maior, de aeronaves com instrumentação toda digital, tem-se indagado se a instrução, da básica a avançada, não se beneficiaria com a utilização de uma aeronave equipada com instrumentos digitais. Como as informações são exibidas em telas digitais multifuncionais podem ser reconfiguradas em voo e apresentado ao cadete uma maior gama de situações, durante as atividades de instrução.

Nesse contexto, o levantamento do panorama das aeronaves de instrução na América Latina serviu para nos confrontarmos perante o restante do continente. Constatou-se que a defasagem tecnológica também se faz presente em muitos países, salvo exceções, como a Bolívia e a Argentina. Esta etapa do trabalho permitiu identificar possíveis clientes de uma nova aeronave de treinamento. Contudo, não há no mercado nacional uma solução adequada para este fim, desde o desfecho do projeto do T-Xc Pilgrim, da Novaer Craft.

Por meio do trabalho de Oliveira (2010), foram enumerados os requisitos necessários, junto a pilotos e mecânicos pertencentes ao corpo da AFA, para a escolha de um novo avião de instrução primária. Para isto, nesta fase do trabalho,

foram analisados onze modelos de aeronaves de asa fixa, voltadas para a instrução em voo.

Através do Estudo de Viabilidade, todas as aeronaves foram confrontadas entre si, visando sobrepor o T-25 Universal em todas as análises. As fichas técnicas permitiram levantar estes parâmetros e os gráficos de barras, uma ferramenta visual para auxiliar no processo decisório.

Por fim, o estudo de viabilidade permitiu concluir que o Novaer T-Xc Pilgrim é a melhor plataforma de instrução na classe dos treinadores primários. Porém não passou do estado de protótipo, não restando uma resposta nacional à altura das necessidades do 2º Esquadrão de Instrução Aérea. Frente à esta realidade, como eventual substituto do T-25 Universal, este trabalho permitiu concluir que há possíveis soluções de modo isolado ou conjugado, ou seja, utilizando uma ou duas aeronaves para a fase de instrução primária, com o apoio de um sistema de treinamento baseado em simuladores digitais.

Logo, em vista da gradativa obsolescência e redução da disponibilidade operacional das células, torna-se urgente a substituição do Neiva T-25 Universal no inventário da FAB. Conforme dito anteriormente, entre os fabricantes nacionais não há uma aeronave que atenda aos requisitos propostos. Portanto, pode-se vislumbrar a oportunidade para o desenvolvimento de um projeto nacional de aeronave desta categoria, além da existência de um promissor nicho de mercado a médio e longo prazo. Contudo, o otimismo com relação às possibilidades de mercado não pode ser muito exacerbado, devido a frágil situação socioeconômica de alguns países e boa parte das suas forças aéreas utilizar, no máximo, uma dúzia de treinadores leves. Dessa forma, pode-se criar o propósito de uma aeronave que não atenda apenas em nível regional, mas atenda a outros mercados espalhados ao redor do mundo.

## REFERÊNCIAS

AEL SISTEMAS. **WAD – Display de Tela Única para Aeronaves**. Disponível em: <http://www.ael.com.br/wad.html>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2019.

AIR FORCE TECHNOLOGY. **Enaer T-35 Pillan Trainer Aircraft**. Disponível em: <https://www.airforce-technology.com/projects/enaer-t-35-pillan-trainer-aircraft/>. Acesso em: 02 de março de 2019.

ALMEIDA, Fernando. Neiva T-25 Universal - O Velho “Tangão” em Plena Forma. **Aero Magazine**, São Paulo, Ano 9, n.104, p.14-20, jan. 2003.

\_\_\_\_\_. Treinador por excelência. **Aero Magazine**, São Paulo, ano 9, nº 107, p.18-23, abr.2003.

BARROS, Cláudio P. **Uma Metodologia para o Desenvolvimento de Projeto de Aeronaves Leves e Subsônicas**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG.

BOHRER, Clóvis A. **Centro de Formação de Pilotos Militares - 1970-1973**. Rio de Janeiro: Instituto Histórico-Cultural da Aeronáutica, 2013.

CAMAZANO, Aparecido A. T-25, o Universal da FAB. **Voar – Revista Internacional de Aviação**, São Paulo, Ano 4, n.48, p.22-27, 1986.

CASELLA, Leandro. Criando Asas – O Novo Treinador Básico Made in Brazil!. **Revista Força Aérea**, Rio de Janeiro, Ano 18, n.93, p.34-43, abr. 2015.

CATEB, A.C., VIEIRA, B. A. O., SORBILLI, R. C. S., GONDIM, T. C. M. C. **Relatório Descritivo – Aeronave de Treinamento Horizonte**. Belo Horizonte: CEA/UFGM, junho de 2005.

CERONI, Vilso. **Um pouco da história do Neiva T-25 Universal**. Disponível em: <http://www.aviacaoemercado.com.br/um-pouco-da-historia-do-neiva-t-25-universal/>. Acesso em: 15 de janeiro de 2019.

CESAR, M. C. **Neiva T-25 Universal na FAB**. Disponível em: < <http://www.arnasnacionais.com/2016/01/neiva-universal-o-sucessor-do-t-6.html>>.

Acesso em: 13 de janeiro de 2019.

\_\_\_\_\_. **Neiva AT-25 & T-25**. Disponível em: < <http://www.arnasnacionais.com/2018/06/neiva-universal-at-25-t-25.html>>.

Acesso em: 13 de janeiro de 2019.

COSTA, A. L. **Projeto Conceitual de uma Aeronave de Treinamento**. Monografia (Especialização em Engenharia Aeronáutica) – Universidade de Taubaté, Taubaté-SP.

COSTA, L. G. M. O. **Projeto Aerodinâmico de um Avião de Treinamento Primário e Acrobático**. 2013. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ.

DA CUNHA, Rudnei. Um Peixe fora d'água? O Neiva T-25 Universal hoje, e o treinamento de pilotos num mundo digital. **Revista Força Aérea**, Rio de Janeiro, Ano 17, n.79, p. 66-73, dez. 2012.

\_\_\_\_\_. **Academia da Força Aérea**. Disponível em: <<http://www.rudnei.cunha.nom.br/FAB/index.html>>.

Acesso em: 15 de janeiro de 2019.

DA ROSA, Edison. **Projeto aeronáutico – Uma contribuição à competição SAE Aerodesign**. Florianópolis: UFSC/GRANTE, 2006. 288p.

DE ANDRADE, Donizeti. **Introdução ao Projeto Aeronáutico: Notas de aula**. São José dos Campos: ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2000.

DUTRA, Leonardo. Aero Boero, um patrimônio nacional abandonado. **Aero Magazine**, São Paulo, n. 267, p. 93-97, ago. 2016.

ENAER. **T-35 Pillán**. Disponível em: < <https://www.enaer.cl/t35.html>>. Acesso em: 02 de março de 2019.

FAFESP. **Berçário de Aviões.** Disponível em: < <http://revistapesquisa.fapesp.br/2015/08/12/bercario-de-avioes/>>. Acesso em: 23 de janeiro de 2019.

FLAP INTERNACIONAL. Aviação Militar na América Latina. **Grupo Editorial Spagat**, São Paulo, Ano 43, n. 406, jul. 2006.

FLORES JR, Jackson. **Aeronaves Militares Brasileiras 1916-2015.** 1ª edição, Rio de Janeiro-RJ: Action Editora, 2015.

GIORDANI. **Poder Aéreo: SAAB J-35 Gripen.** Disponível em: < <http://www.cavok.com.br/blog/poder-sueco-saab-j-39-gripen/>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2019.

GROB AIRCRAFT. **Grob 120TP.** Disponível em: < <https://grob-aircraft.com/en/g-120tp.html>>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2019.

GUDMUNDSSON, Snorri. **General Aviation Aircraft Design: Applied Methods and Procedures.** Waltham, MA: Butterworth-Heinemann, 2014. 1216 páginas.

JACKSON, P. (editor). **Jane's All the World's Aircraft 2004-05.** London: Macdonald and Jane's, 2004.

KATSANOS, Anastácio. **Qual a geração de um caça.** Revista Força Aérea, Rio de Janeiro, Ano 13, n. 52, jun/jul. 2008.

KOVÁCS, Joseph. **Filosofia de Projeto – Um roteiro para desenvolvimento de aeronaves.** Resumo de palestras, 1986.

\_\_\_\_\_. **Análise de aviões treinadores-treinamento de pilotagem.** São José dos Campos: CTA - Centro Técnico Aeroespacial/ IAE – Divisão de ensaios em Voo, 1996.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Esquadilha da Fumaça – 50 Anos.** 1ª edição, São Paulo-SP: Andrade Salles, 20002.

\_\_\_\_\_. **Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI).** Disponível em: < <https://www.defesa.gov.br/ensino-e-pesquisa/instituicoes-de->

[ensino-militar/instituicoes-de-ensino-e-pesquisa-vinculadas-a-forca-aerea-brasileira/instituto-de-fomento-e-coordenacao-industrial-ifi](http://ensino-militar/instituicoes-de-ensino-e-pesquisa-vinculadas-a-forca-aerea-brasileira/instituto-de-fomento-e-coordenacao-industrial-ifi)>. Acesso em 01 de março de 2019.

MORALEZ, João P. Da Hungria com amos – A saga de Joseph Kovács. **Asas – Revista de História e Cultura da Aviação**, São Paulo, Ano 9, n.53, p.44-49, fev./mar. 2010.

OLIVEIRA, Marcelo S. **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**. 2010. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo-SP.

PACIFIC AEROSPACE. **CT-4E Airtrainer**. Disponível em: < <https://www.aerospace.co.nz/aircraft/ct-4-airtrainer/description>>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2019.

PAKISTAN AERONAUTICAL COMPLEX KAMRA. **Mushshak Aircraft**. Disponível em: < <https://www.pac.org.pk/mushshak>>. Acesso em: 11 de março de 2019.

PEREIRA, Roberto A. **Construção Aeronáutica no Brasil – 100 Anos de História**. 1ª edição, São José dos Campos-SP: JAC Editora, 2013.

\_\_\_\_\_. **Enciclopédia de aviões brasileiros**. 1ª edição, São Paulo: Editora Globo, 1997.

\_\_\_\_\_. Vida longa ao professor. **Aero Magazine**, São Paulo, Ano 8, n.90, p.58-60, out. 2001.

RAYMER, Daniel P. **Aircraft Design: A Conceptual Approach**. Third Edition, AIAA Education Series, 1999.

ROSKAM, Jan. **Airplane Design Parts I through VII (v. 1-8)**. Lawrence, Kan: DARcorporation, 1997.

RIBEIRO, Luciano M. O Caminho das Asas de Prata! Como os Jovens Cadetes da AFA se Tornam Pilotos Militares!. **Revista Força Aérea**, Rio de Janeiro, Ano 17, n.87, p.56-65, abr. 2014.

TILKI, João. A Novaer e o T-Xc preenchendo uma importante lacuna. **Engenharia Automotiva e Aeroespacial**, São Paulo, Ano 14, n.61, p.68-71, set./out. 2014.

UBIRATAN, Edmundo. **Aviões para aprender a pilotar**. Disponível em: <[http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/avioes-para-aprender-pilotar\\_1391.html](http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/avioes-para-aprender-pilotar_1391.html)>.

Acesso em: 03 de janeiro de 2019.

\_\_\_\_\_. **Dócil como um planador**. Disponível em: <[https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/docil-como-um-planador\\_1390.html](https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/docil-como-um-planador_1390.html)>.

Acesso em: 15 de fevereiro de 2019.

WIKIPEDIA. **PAC Super Mushshak**. Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/PAC\\_Super\\_Mushshak](https://en.wikipedia.org/wiki/PAC_Super_Mushshak)>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2019.

\_\_\_\_\_. **SIAI-Marchetti SF.260**. Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/SIAI-Marchetti\\_SF.260](https://en.wikipedia.org/wiki/SIAI-Marchetti_SF.260)>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2019.

\_\_\_\_\_. **Utva Lasta 95**. Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Utva\\_Lasta](https://en.wikipedia.org/wiki/Utva_Lasta)>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2019.

ZANUZZI, Leonardo. **Manutenção e Falta de Suprimento no T-25 Universal da Academia da Força Aérea Brasileira**. 2017. Monografia (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

ZLIN AIRCRAFT. **Zlin Z242L Guru**. Disponível em: <<https://www.zlinaircraft.eu/en/Aircraft/Z-242-L-Guru-en/>>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2019.

## ANEXOS

### Apêndice 1. Frota latino-americana de aeronaves de treinamento.

Conforme dito na seção 2.1.4., segue abaixo um levantamento geral de toda as aeronaves de instrução de asa fixa utilizadas nas fases primária, básica e avançada em quase todos os países da América Latina. Curiosamente, a Costa Rica é o único país da região que não possui uma escola de formação de técnicos e aviadores. Estes são formados por meio de convênios com vários países, entre os quais a Alemanha, Estados Unidos e Venezuela.

**Tabela 10** - Tabela com a frota latino-americana de aeronaves de treinamento.

País	Unidade	Tipo de Instrução	Aeronave	Quantidade	País de Fabricação
Argentina	FAA <sup>8</sup> – Escola de Aviação Militar (EAM)	Primária	Grob G-120TP	10	Alemanha
			Tecnam P2002J Sierra	08	Itália
		Avançada	Beechcraft T-6C Texan II	12	Estados Unidos
			Embraer T-27 Tucano	20	Brasil
	Escola de Aviação Naval (ESAN)	Básica e Elementar	Beechcraft T-34C-1 Turbo Mentor	10	Estados Unidos
	Escola de Aviação do Exército	Primária	Cessna T-41D Mescalero	05	Estados Unidos
	Prefeitura Naval	Primária	Piper PA-28-161/181 Archer II	02	Estados Unidos
	Gendarmeria Nacional	Básica	Cessna 152	03	Estados Unidos
			Piper PA-18 Super Cub	02	Estados Unidos

<sup>8</sup> FAA – Força Aérea Argentina.



Bolívia	FAB <sup>9</sup> – Colégio Militar de Aviação (COLMILAV) – Grupo Aéreo de Treinamento 21 (GAE-21)	Primária e Básica	Aerotec T-23 Uirapuru	18	Brasil
			Neiva T-25 Universal	06	Brasil
			Team Tango Foxtrot 4	02	Estados Unidos
			Zlin 242 L Guru	9	República Tcheca
			Diamond DA40	09	Áustria
	Avançada	Beech Mentor T/VT-34A/B	6/5/7	Estados Unidos	
Brasil	FAB – Grupo Aéreo de Caça 34 (GAC-34)	Avançada	Pilatus PC-7T Turbo Trainer	04	Suíça
	Exército da Bolívia – Companhia de Aviação 292 (CAE-292)	Primária	Cessna 152	01	Estados Unidos
	FAB – Academia da Força Aérea	Primária	Neiva T-25 Universal	35	Brasil
Básica		Embraer T-27 Tucano	60	Brasil	
Avançada e Operacional		Embraer AT-29 Super Tucano	12 <sup>10</sup>	Brasil	
Chile	FAC <sup>11</sup> – Escola de Aviação Militar Capitão Manuel Ávalos Prado	Primária e Básica	ENAER T-35 Pillán	30	Chile
	Escola de Aviação Naval – Esquadrão de Instrução VT-1	Avançada	Pilatus PC-7 Turbo Trainer	07	Suíça

<sup>9</sup> FAB – Força Aérea Boliviana.

<sup>10</sup> Geralmente, cada esquadrão da FAB é dotado de 12 aeronaves, porém em função de suas necessidades operacionais, este número pode aumentar. Atualmente, estima-se que a FAB dispõe de 90 aeronaves AT-29 Super Tucano operacionais, divididas entre os seguintes esquadrões: 1<sup>o</sup>/3<sup>o</sup> GAv - Esquadrão Escorpião, 2<sup>o</sup>/3<sup>o</sup> GAv - Esquadrão Grifo, 3<sup>o</sup>/3<sup>o</sup> GAv - Esquadrão Flecha e no 2<sup>o</sup>/5<sup>o</sup> GAv – Esquadrão Joker, além do Esquadrão de Demonstração Aérea, a Esquadrilha da Fumaça.

<sup>11</sup> FAC – Força Aérea Chilena.

	Aviação do Exército do Chile	Primária	Cessna R172K Hawk XP11	04	Estados Unidos
Colômbia	FAC <sup>12</sup> – Escola Militar de Aviação (EMAVI)	Primária	Cessna T-41D Mescalero	11	Estados Unidos
			Lancair T-50	25	Estados Unidos
		Básica	Beechcraft T-34A Mentor	9	Estados Unidos
		Avançada	Embraer T-27 Tucano	14	Brasil
	Aviação da Polícia da Colômbia	Primária	Cessna 152 Aerobat	03	Estados Unidos
Cuba	FARC <sup>13</sup> – Escola Militar de Pilotos de Aviação (EMPA)	Primária	Zlin Z-326	20	República Tcheca
El Salvador	FAS <sup>14</sup> – Escola Superior Militar de Aviação	Primário	ENAER T-35 Pillán	05	Chile
Equador	FAE <sup>15</sup> – Escola Superior Militar de Aviação (ESMA)	Primário e Básico	Cessna 150L Aerobat	05	Estados Unidos
			Diamond DA20C1	11	Áustria
		Avançado	Beechcraft T-34C-1 Turbo Mentor	07	Estados Unidos
	Aviação Naval Equatoriana – Esquadrilha de Treinamento	Primária e Básica	ENAER T-35B Pillán	04	Chile
		Avançada	Beech T-34C Turbo Mentor	02	Estados Unidos
	Aviação do Exército – Grupo-Escola de Aviação “Capitán Fernando Vásconez”	Primária e Básica	Cessna 172 Skyhawk	03	Estados Unidos
Maule MT-7-235 Super Rocket			02	Estados Unidos	

<sup>12</sup> FAC – Força Aérea Colombiana.

<sup>13</sup> FARC – Força Aérea Revolucionária Cubana.

<sup>14</sup> FAS – Força Aérea Salvadorenha.

<sup>15</sup> FAE – Força Aérea Equatoriana.

	Serviço Aeropolicial	Primária	Cessna 172Q Skyhawk	01	Estados Unidos
Guatemala	FAG <sup>16</sup> – Escola Militar de Aviação (EMA)	Primária	Cessna T-41D Mescalero	01	Estados Unidos
		Básica e Avançada	ENAER T-35B Pillán	04	Chile
		Avançada	Pilatus PC-7	06	Suíça
Honduras	FAH <sup>17</sup> – Academia Militar de Aviação Cap. Roberto Raul Barahona Lagos (AMA)	Básica	Cessna 172H Skyhawk	06	Estados Unidos
		Primária	Maule MT-7- 180 Star Rocket	08	Estados Unidos
		Avançada	Embraer T-27 Tucano	09	Brasil
México	FAM <sup>18</sup> – Escola de Aviação Militar	Primário	SIAI-Marchetti SF.260	25	Itália
		Básico	Grop G-120TP	25	Alemanha
		Avançada	Beechcraft T- 6C Texan II	12	Estados Unidos
	Escola de Aviação Naval (EAN)	Básico	Zlin Z-242L	08	República Tcheca
		Primária	Maule MT-7- 180 Star Rocket	08	Estados Unidos
		Avançada	Beechcraft T- 6C Texan II	02	Estados Unidos
Nicarágua	FAEN <sup>19</sup> – Escola Militar de Aviação	Primária	Cessna 172 Skyhawk	01	Estados Unidos
		Básica	SIAI-Marchetti SF.260	06	Itália
Panamá	SAN <sup>20</sup> – Escola de	Primária	Cessna	02/01	Estados

<sup>16</sup> FAG – Força Aérea da Guatemala.

<sup>17</sup> FAH – Força Aérea Hondurenha.

<sup>18</sup> FAM – Força Aérea Mexicana.

<sup>19</sup> FAEN – Força Aérea do Exército da Nicarágua.

	Aviação Militar		152/172 Skyhawk		Unidos
	SAN – Esquadrão de Treinamento e Reconhecimento Aéreo (3º EERA)	Básica	ENAER T-35 B/D Pillán	04	Chile
Paraguai	FAP <sup>21</sup> – Grupo Aéreo de Instrução (GAI)	Primária	ENAER T-35 B/D Pillán	09	Chile
		Básica	Neiva T-25 Universal	06	Brasil
	Aviação Naval – Grupo Aeronaval de Treinamento (GAEN)	Primária	Cessna 150M	02	Estados Unidos
Peru	FAP <sup>22</sup> – Escola de Oficiais da FAP (EOFAP) – Grupo Aéreo nº51	Primária	SAMA CH2000s	6	Canadá
			Zlin Z-242L	13	República Tcheca
		Básica	Embraer T-27 Tucano	17	Brasil
		Avançada	KAI KT-1P Torito	20	Coréia do Sul
	Escola de Aviação Naval – Esquadrão Aeronaval nº31 (EA-31)	Primário e Básico	Beechcraft T-34C-1 Turbo Mentor	05	Estados Unidos
	Aviação do Exército do Peru	Primário e Básico	Cessna 150/152 Aerobat	1/3	Estados Unidos
Ilyushin IL-103			05	Rússia	
Republica Dominicana	FAD <sup>23</sup> – Escola de Aviação Militar	Primário	Eagle EA-100	02	Estados Unidos

<sup>20</sup> SAN – Serviço Aéreo Nacional do Panamá.

<sup>21</sup> FAP – Força Aérea Paraguaia.

<sup>22</sup> FAP – Força Aérea Paraguaia.

	(EAM)	Primário e Básico	Cessna 172 Skyhawk	03	Estados Unidos
		Básico	ENAER T-35 B Pillán	04	Chile
Uruguai	FAU <sup>24</sup> – Escola Militar de Aeronáutica (EMA)	Básica	Aermacchi SF.260U	12	Itália
		Avançada	Pilatus PC-7U Turbo Trainer	05	Suíça
	Armada Nacional – Escola de Aviação Naval	Primária e Básica	Beechcraft T-34C-1 Turbo Mentor	02	Estados Unidos
Venezuela	AMNBV <sup>25</sup> – Escola de Aviação Militar	Primária	Diamond DA40	24	Canadá
			Diamond DA42	06	Canadá
		Básica	Embraer T-27 Tucano	19	Brasil
	MBV <sup>26</sup> – Esquadrão Aeronaval de Adestramento	Básica	Cessna 210	05	Estados Unidos
	ENV <sup>27</sup> – Escola de Aviação do Exército	Básica e Avançada	Cessna 172 Skyhawk	02	Estados Unidos
	Guarda Nacional	Primária	Cessna 152 Aerobat	03	Estados Unidos
		Básica	PZL M26 Iskierka	02	Polónia

<sup>23</sup> FAD – Força Aérea Dominicana.

<sup>24</sup> FAU – Força Aérea Uruguia.

<sup>25</sup> AMNBV – Aviação Militar Nacional Bolivariana de Venezuela.

<sup>26</sup> MBV – Marinha Bolivariana de Venezuela.

<sup>27</sup> ENV - Exército Nacional da Venezuela.