## MARCELO SILVA OLIVEIRA

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

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como parte dos requisitos básicos para a obtenção do Título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Professor Rafael Antonio Cunha Perrone

## MARCELO SILVA OLIVEIRA

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

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como parte dos requisitos básicos para a obtenção do Título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo, sob orientação do Professor Doutor Rafael Antonio Cunha Perrone.

São Paulo 2010

Oliveira, Marcelo Silva.

AERONAVE DE TREINAMENTO PRIMÁRIO/BÁSICO: Análise do sistema de instrução de voo, dos fatores de engenharia e sua implicação nos requisitos de projeto de uma nova aeronave. – 2010.225p.; 30 cm.

Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2010.

Bibliografia: f. 194-196.

- 1. Projeto de aeronaves. 2. Princípio da Solução Mínima.
- 3.Instrução de voo. 4. Requisitos aeronauticos I.Título.

## MARCELO SILVA OLIVEIRA

# 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

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como parte dos requisitos básicos para a obtenção do Título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovado em 25 de Agosto de 2010

## BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rafael Antonio Cunha Perrone
Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Charles de Castro Vincent
Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Donizeti de Andrade
ITA – Instituto tecnológico de Aeronáutica
Prof. Dr. Carlos Alberto Inácio Alexandre
Universidade de São Paulo
Prof. Dr. Renato Carrieri
Universidade Presbiteriana Mackenzie

À minha esposa, meus filhos, meus pais e irmã, por representarem tudo o que de mais precioso tenho nesta vida e ao seu incondicional apoio.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao nosso Criador que recheia nossa vida com pessoas e momentos especiais e que nem sempre temos a perspicácia e sensibilidade para reconhecer.

Ao Engenheiro Joseph Kovács, que sem o seu apoio e paciência, jamais seria capaz de escrever este trabalho, pessoa de amáveis características pessoais, conhecimento técnico infindável e sensibilidade para o projeto, como poucos na história de nossa aviação, por não falar mundial.

Ao amigo e Professor Donizeti de Andrade, figura de valores inestimáveis que me provou ser a engenharia aeronáutica um assunto gostoso e me deu o farol guia neste pouso, após uma navegação pouco convencional.

À Professora Dra. Nara Martins Marcondes, coordenadora do Design na UPM, amiga fiel e grande incentivadora para o início desta jornada, dando apoio moral e suporte profissional.

À minha colega de turma Professora Mestre Alessandra Estefani, que me ajudou a suprir meus parcos conhecimentos em arquitetura contemporânea e a pensar no assunto: TESE. Amiga sempre pronta a encarar um trabalho, quaisquer fossem as dificuldades.

Ao amigo José Inácio Pereira, por ser a primeira pessoa a me emprestar uma literatura na área de projeto aeronáutico, além de mostrar que o caminho de qualquer projeto, passa pelas mãos e habilidades de um profissional chamado: Projetista.

Ao amigo Robinson Araújo, que sempre foi um incentivador, exaltando minhas poucas características boas e esquecendo as inúmeras falhas de projeto e construção aeronáutica caseira.

Ao saudoso Professor Rigoberto Soler Gisbert, pelo seu brilhantismo em conceber e demonstrar a facilidade, mesmo quando lidávamos com assuntos

complexos. Por me fazer ver que todo projeto nasce na concepção e que uma lapiseira, papel, matemática e física básicas são suficientes para se iniciar um bom esboço inicial de projeto.

Ao Professor Otávio de Mattos Silvares, meu Reitor e do Centro Universitário Mauá, que me deu a oportunidade de criar um curso, dirigi-lo e me integrar em minha segunda casa, que é este instituto.

Aos oficiais do Grupo de Ensaios em Vôo do Centro Técnico Aeroespacial em São José dos Campos.

Ao Brigadeiro do Ar Marco Antonio Carballo Perez, Comandante da Academia da Força Aérea.

Ao Tenente Aviador Leonardo Sekef, oficial de relações públicas da Academia da Força Aérea e aos demais instrutores de voo e especialistas que colaboraram de maneira ímpar, respondendo aos questionários da pesquisa do autor, respostas estas importantes para as conclusões do trabalho.

Ao meu pai de quem herdei a paixão e a habilidade para o voo.

Ao meu orientador Rafael Antonio Perrone, que sempre foi claro na definição do que é uma tese de doutorado e por ter tido confiança neste orientando.

A Tatiana Ori Kovács por corrigir em tempo recorde o Abstract deste trabalho.

Ao amigo Luis Eduardo Aragon, que me ajudou no auto-conhecimento, crucial para a conclusão de vários assuntos em minha vida, incluindo este.

A todos os que não acreditaram em minhas ideias e teorias, a quem dedico este trabalho.

## **RESUMO**

O presente trabalho é o amadurecimento da pesquisa de requisitos para o projeto de uma aeronave de treinamento primário/básico, para substituir os atuais treinadores de fabricação nacional Neiva T-25C Universal. Estas aeronaves 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).

Na busca por requisitos e normas para a definição das características do novo treinador, o autor acabou por utilizar uma metodologia de análise, emprestada da Engenharia de Sistemas, onde, sob uma ótica mais holística e macro, destacou três principais aspectos do sistema de instrução: Homem, Máquina e Método.

O trabalho inicia-se com a definição das interfaces entre: engenharia, design e arquitetura, seguindo a uma exposição dos objetivos do trabalho e uma revisão do processo de pilotagem civil e militar neste país, procurando enfatizar os problemas, para a construção das hipóteses e da tese.

Foi discutida, após análise e comparação do sistema brasileiro com o processo de instrução da USAF (Força Aérea dos Estados Unidos), a mudança no programa de instrução brasileiro, que passaria a contar com uma fase inicial de instrução utilizando-se aeronaves leves, que além de contribuir para a diminuição do número de atrito (desligamentos dos cadetes não adaptados para a tarefa do voo), economizaria aos cofres públicos uma centena de milhares de reais por ano.

Foi realizada uma pesquisa com os instrutores da AFA, visando saber das restrições, problemas e características ideais para o cumprimento da tarefa de instrução na força aérea brasileira.

Há ainda uma revisão do processo de engenharia de sistemas e seu emprego na indústria aeronáutica.

Na parte final do volume, pode ser encontrada um estudo comparativo entre aeronaves de instrução disponíveis comercialmente no mercado. A comparação se faz com o objetivo de estabelecer um cenário para a mudança no sistema de treinamento e a inclusão do novo vetor de instrução.

Foram gerados requisitos gerais com relação à configuração, características e desempenho em voo, que podem servir para embasar o processo de seleção ou projeto de uma nova aeronave de instrução.

## **ABSTRACT**

The present work is the matureness of the research for new primary/basic trainer aircraft requirements to substitute the current Brazilian made "Universal" Neiva T-25C. These aircrafts are at the end of their service life with the Brazilian Air Force and, at the moment, there are no substitutes to act as a replacement trainer to the Braziliam Air Force Academy (AFA) cadets.

In the search for requirements and standards to define the characteristics of the new trainer, the author took advantage of a Systems Engineering analysis methodology with which, under a more holistic and macro point - of - view, he highlighted three main aspects of the instruction system: man, machine and method.

The work begins with the definition of the interfaces among engineering, design and architecture; after that there is an exposition of the objectives and a national private (civilian) and military flight training programs review, in order to emphasize the problems and build up the hypotheses and the thesis.

After the analysis and comparison of the Brazilian system with the USAF (United States Air Force) program, a change in the Brazilian flight training program was discussed, which would start with an initial flight instruction phase using light aircraft. This new revised program would contribute for the reduction of the attrition number (elimination of cadets not suited to flying in the training process) and would save hundreds of thousands of reais per year of the tax payers' money.

A research was done with the Brazilian Air Force Academy instructors, aiming to reveal the real facts, problems and characteristics for a hypothetic brand new trainer aircraft.

There is still an analysis of the systems engineering process and its role in the aeronautical industry.

In the final part of this work, a comparative study of commercially available trainer aircraft can be found. The trade study aims to establish a scenario for the changes in the present training system and the adoption of the light aircraft as an initial trainer.

The requirements extracted from the reports review and the instructor survey can help future works concerning aircraft selection or the design of a new trainer aircraft.

## LISTA DE ABREVIATURAS

AETC Air Education Training Command

AFA Academia da Força Aérea

AFA Air Force Academy
AFMAN Air Force Manual

AFROTC Air Force Reserve Officer Training Course

ANAC Agência Nacional de Aviação Civil

ATC Air training Command
AVGAS Aviation gasoline

CAD Computer Aided Design

CAE Computer Aided Engineering
CAM Computer Aided Manufacturing

CFOAV Curso de Formação de Oficiais Aviadores

**CUAV** Combat Unmanned Air Vehicle CTA Centro Técnico Aeroespacial DAC Departamento de Aviação Civil EΙΑ Esquadrão de Instrução Aérea **EFS Enhanced Flight Screening** FEA Finite Element Analysis **FSP** Flight Screening Program FIP Flight Indoctrination Program Grupo Aéreo de Entrenamiento GAE

GMP Grupo Moto Propulsor

ISD Instructional System Development

IFT Introductory Flight Training
IFR Instrument Flight Rules

ITA Instituto Tecnológico de Aeronáutica

LCD Liquid Crystal Display

MAC Manobras acrobáticas

OTS Officers Training School

PFP Powered Flight Program

PIP Pilot Indoctrination Program

PC Piloto Comercial
PP Piloto Privado

PSCS Pilot Selection and Classification System

QI Quality Improvement

SUPT Specialized Undergraduate Pilot Training

USAF United States Air Force

UPT Undergraduate Pilot Training
VANT Veículo Aereo não Tripulado

## **GLOSSÁRIO**

**Aceleração G -** Múltiplos da aceleração gravitacional a que se está sujeito no voo, em virtude de mudanças de velocidade e direção.

**Acrobacia -** Técnica de voo, que realiza manobras não convencionais (Loopings e Touneaux), a palavra grega *akrobete*, significa "*andar com os pés para o alto ao extremo e balançar*".

Aeronave leve - Aeronave cujo peso de decolagem esteja abaixo de 600 kgf.

**Aspirante** – Posto a que é promovido o graduado na Academia da Força Aérea, que aspira ao posto de 2º Tenente.

**Atrito** – Ou Razão de Atrito é chamado o porcentual de alunos que são desligados do programa de instrução de voo.

Aviônicos – Instrumentos de voo com princípios de funcionamento de interface eletrônica.

Asa Baixa – Posição da asa, próximo ao piso da aeronave.

**Asas Rotativas** – Termo que designa os helicópteros e demais aeronaves que tem sustentação a partir do giro das pás de um rotor.

**Bordo de Ataque** – Região frontal da asa dos aviões ou das pás dos rotores de helicópteros, região que corresponde à curva frontal do aerofólio.

Bordo de fuga - Região traseira afilada da asa.

**Briefing** – Em Design é o enunciado de um projeto, corresponde aos requisitos necessários para um projeto. Em aeronáutica é o nome dado para a reunião dos pilotos antes de um voo, para discutir procedimentos.

**CTA** – Centro Técnico Aeroespacial – Unidade da F. A. B, responsável por toda a pesquisa e fomento industrial na área aeroespacial, hoje DCTA- Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial.

**Célula** – Conjunto de fuselagem, asas e empenagem de uma aeronave, excluindo-se o(s) motor (res).

**Desempenho** – Características de funcionamento de uma aeronave, geralmente expressa em valores.

Ergonomia – Ciência que estuda a relação do homem com a atividade de trabalho e aprendizado.

Fuselagem – Parte central da aeronave onde geralmente estão fixadas as asas e a empenagem.

**Habilitações** – Termo utilizado neste trabalho para designar as diversas aviações de nossa força aérea como: Caça, Transporte, Patrulha e Asas Rotativas.

Hélice de passo ajustável – Hélice em que se tem comando sobre o ângulo de ataque das pás.

**Homologação** – Processo de ensaios e testes, que uma aeronave deve passar para obter o certificado de autorização de voo.

ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Instituto responsável pela formação do capital humano nas áreas engenharia do Comando da Aeronáutica.

Longarina – Elemento estrutural principal da asa dos aviões.

**Materiais Compósitos** – Materiais geralmente compostos por duas fases imiscíveis, como PRFV (Plástico Reforçado com Fibra de Vidro)

Pane - Falha ou qualquer tipo de mal funcionamento na aeronave.

**Reator** – Ou motor a reação é chamado o motor que funciona com o deslocamento do fluido de trabalho na direção oposta aquela em que a aeronave é propelida.

**Voo Invertido** – Voo realizado de cabeça para baixo.

**Voo Solo** – Voo em que o aluno vai sozinho na aeronave, sem o instrutor.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO: Design, Arquitetura e Engenharia aeronautica,
	qual elo os une?16
2	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA20
2.1	Proposta do Trabalho20
3	A INSTRUÇÃO DE VOO23
3.1	Panorama Geral da Atividade23
3.2	A História da Instrução Civil de Voo no Brasil a partir de1940 e a Atual
	Situação
3.3	História da Instrução na Academia da Força Aérea Brasileira34
3.4	Treinamento Militar – A experiência norte americana com
	a implantação dos programas de introdução e
	monitoramento em voo
3.4.1	EFS – Enhanced Flight Screening55
3.4.2	Introductory Flight Screening62
3.4.3	Academy Flight Screeening65
3.4.4	Ajustando o IFT- Introductory Flight Screening e a criação do IFS- Initial
	Flight Screening66
3.5	ISD – A Doutrina Oficial de Treinamento da Força
	Aérea norte-americana (USAF)69
3.6	Pesquisa com Instrutores e Especialistas em Manutenção
	da Academia da Força Aérea brasileira (AFA)74
3.6.1	Resultados dos questionários do 2º EIA76
3.6.2	Resultados dos questionários do 1º EIA84
3.6.3	Resultados do questionário respondido pelo comandante do 2º EIA90
3.6.4	Resultados dos questionários dos sargentos especialistas93
3.7	Panorama das Aeronaves de Instrução utilizadas nas
	principais Forças Aéreas Latino-americanas95
3.8	Desafios Futuros no Treinamento de Pilotos, a realidade
	norte-americana e rebatimentos no Brasil97
3.9	Conclusão do Capítulo101

A proposta do novo sistema de instrução de voo para a Academia da Força		
Aérea Brasileira	104	
,		
Aspectos Históricos da EngenhariaAeronáutica	106	
Design Aeronáutico: uma disciplina à parte	108	
Revisão do Processo de Design Aeronáutico	110	
Projeto conceitual	111	
Projeto preliminar	112	
Detalhamento	115	
O Princípio da Solução Mínima	116	
Histórico da filosofia da solução mínima	116	
Heinkel HE-162 – Volksjäger – "O caça do povo"	121	
Horas de manutenção e valor de venda dos aviões,		
nas décadas de 1940 e 1950	125	
Folland Gnat e a filosofia da solução mínima	127	
A filosofia da solução mínima atravessa o Oceano Atlântico	131	
O conceito e sua contemporização	135	
Joseph Kovács e a aplicação da filosofia da solução		
mínima nos projetos de aeronaves brasileiros	141	
Neiva 561 – A filosofia do projeto do "Universal" T-25	143	
Engenharia de Sistemas	147	
Engenharia Simultânea	155	
Integrated Product and Process Development (IPPD)	155	
REQUISITOS DE PROJETO	157	
Introdução à regulamentação aeronáutica	157	
Requisitos Operacionais e de Manutenção apontados		
na pesquisa com o Pessoal da Academia	161	
	PROJETOAERONÁUTICO	

6	ANALISE DE AERONAVES DE TREINAMENTO COMPATÍVEIS	
	COM OS REQUISITOS E DISPONÍVEIS HOJE NO MERCADO	163
6.1	Enaer T-35 Pillan	163
6.2	Lasta 95	167
6.3	AIEP Air Bette	170
6.4	Novaer Craft PX-C – Peregrino	173
6.5	Diamond Aircraft DA-20	177
6.6	Aeromot – AMT-600 Guri	180
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	182
7.1	Gráfico da análise sistêmica do processo de instrução de voo da AFA	Д
	(Academia da Força Aerea Brasileira)	189
7.2	Sugestão para trabalhos futuros	193
REFI	ERÊNCIAS	194
APÊ	NDICES	197

## 1 INTRODUÇÃO: Design, Arquitetura e Engenharia aeronáutica, qual elo os une?

Uma tese sobre aeronaves, apresentada a um programa de Doutorado em Arquitetura – a princípio parece um contra senso, todavia é na verdade o caminho de um trabalho multidisciplinar. O projeto de aeronaves é o projeto de um produto, podendo ser facilmente "encaixado", por assim dizer na metodologia de desenvolvimento do Design Industrial e da Arquitetura. Na área náutica, por exemplo, chamam o processo de Design de barcos de Arquitetura naval, para alguns autores de aviação inclusive, a formação do projetista aeronáutico, não precisa ser na área de engenharia aeronáutica, estas opiniões serão relatadas no decorrer do texto.

Talvez os nomes de algumas atividades sejam diferentes nessas três profissões que tem como ponto em comum o projeto, mas a atividade em si é a mesma. O que a Arquitetura chama de programa, o Desenho Industrial chama de *briefing* e a engenharia aeronáutica de requisitos – *requirements* – e que, na verdade, não são mais do que o enunciado do problema de projeto, que no caso do arquiteto e do designer são menos definidos do que os requisitos da engenharia, em função do momento do projeto em que acontecem (fase de concepção).

A atividade de projeto acontece em vários níveis e obedecem a uma hierarquia. Entre as atividades e os eventos, existe interação, contudo isto depende da natureza da tarefa específica e da metodologia adotada. Para o projeto de aeronaves – que é um sistema complexo, estes níveis são cinco, segundo Vincenti (1990):

- 1 Definição do projeto tradução dos requisitos genéricos em dados concretos para a fase 2;
- 2 Design Geral Leiaute das proporções e configuração formal do avião, de encontro as especificações ou requisitos;
- 3 Design de componentes;
- 4 **Subdivisão do Design de componentes** Exemplo: Projeto aerodinâmico da asa, projeto estrutural da asa, projeta de sistemas mecânicos da asa:

5 **Divisão de problemas mais específicos** como, Refinamento do desenho do perfil da asa, dispositivos hipersustentadores, etc.

Nota-se que essa divisão é diferente da divisão considerada por Raymer (1992), que divide o processo em: Projeto Conceitual, Preliminar e Detalhado – mas além da correspondência lógica entre as diversas fases, a abordagem de Vincent é epistemológica enquanto a de Raymer é mais pragmática. Para Vincenti (1990), esta divisão resolve (divide) o problema do avião em pequenos problemas, mais fáceis de serem gerenciados.

A definição do problema colocada no texto acima é relativa ao momento do projeto, o processo completo de projeto ocorre com interações para cima e para baixo, para os lados (horizontalmente) nesta hierarquia. Os problemas mais altos nesta escala são, geralmente, de ordem conceitual e são pouco estruturados, o que explica o envolvimento dos Designers e Arquitetos nessa fase do projeto, pois são profissionais que geram a configuração da forma inicial dos produtos.

Nos níveis mais baixos da escala, onde os esforços de engenharia estão mais voltados, os problemas são mais definidos e a atividade tende a ser mais estruturada.

Hoje em dia, os projetos são feitos com uma equipe de profissionais de várias áreas que se agrupam em times de desenvolvimento e, desde as etapas iniciais do projeto, reúnem esforços para o "nascimento" do novo produto. Este tipo de trabalho é batizado com diferentes nomes, entre eles: engenharia simultânea, engenharia de sistemas, desenvolvimento integrado de produtos entre outros; no entanto, em essência, todos os nomes querem representar o estágio atual de desenvolvimento onde a cooperação funcional cruzada ajuda desde os primeiros instantes do projeto, pensar-se em todas as implicações de uma decisão para que não sejam criados defeitos que venham a manifestar-se em situações futuras, onde muitos recursos e tempo foram gastos no desenvolvimento do produto.

Um produto concebido nos moldes de IPD (*Integrated Product Development*) deve agrupar pessoas da área de design, engenharia, produção, marketing, vendas além dos consumidores, que participam ativamente de todo o processo de desenvolvimento (SELLGREN, 1995).

Ainda tratando da multidisciplinaridade deste trabalho, é notório o fato de que, na contemporaneidade, os meios de informática estão revolucionando a interação entre áreas, que até tempos atrás não tinham um eixo de comunicação muito claro estabelecido, como por exemplo, pode-se citar a engenharia civil e a própria arquitetura, ou o design Industrial e a engenharia mecânica.

Jeff Sloan (2007) na carta do editor da revista do qual é o responsável (Composites Technologies) cita esta aproximação propiciada pela era do computador pessoal, neste mesmo artigo intitulado: Quando Design e Engenharia se encontram – (When Design and Engineering Meet), Jeff coloca que, no mundo perfeito do designer, o desafio da manufatura não existe, nem mesmo a fadiga, a massa do pássaro que colide com um para-brisa ou o ciclo de máquina e o empenamento de peças. Os materiais têm ótima resistência ao sol e às intempéries e continua que, no mundo do designer, o único obstáculo é a imaginação. Já no mundo do engenheiro, não há estética, cores, ângulos indesejados, e adianta: neste mundo, o que mais conta é o desempenho, durabilidade, resistência, etc. Forças dinâmicas e a fadiga são importantíssimas para ele.

A análise, segundo o enfoque de Sloan, é de que a coexistência destas duas profissões é necessária e, nestes tempos passados, era necessário um vai e vem enorme entre as áreas para que pudessem ser mudadas as especificações do produto, para atender aos dois lados, entretanto hoje, com o uso de programas específicos, principalmente, CAE<sup>1</sup>, esta interação acontece mais fácil e suave.

<sup>-</sup>

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> CAE – Abreviação do termo em inglês: *Computer Aided Engineering*, relativo a programas de computador, que auxiliam as atividades dos engenheiros, tais como: cálculos estruturais, túneis de vento eletrônicos entre outros.

Uns exemplos são os programas de Elementos Finitos (FEA<sup>2</sup>), estão tendo um grande papel na área do design de produtos feitos em materiais compósitos.

Estes programas que eram típicos da área de engenharia, hoje, em função de pacotes que são oferecidos junto a programas conhecidos de CAD<sup>3</sup>, chegam para uso dos designers que podem mitigar problemas de processamento e desempenho de peças concebidas. Engenheiros e designers podem estar se confrontando nas oficinas, porém seu esforço em um processo mais colaborativo está resultando em melhores produtos.

Na Arquitetura, projetos colaborativos vêm acontecendo também, auxiliados pela informática. Grandes empreendimentos de fama mundial têm equipes multidisciplinares trabalhando sobre requisitos estabelecidos, em que a promessa para a satisfação do cliente é o foco central. Estas mudanças foram obtidas em função da tecnologia da informação disponível hoje. As revoluções tecnológicas sempre estiveram ligadas às evoluções sociais (KALAY, 2005).

Toda vez que uma sociedade inventou novas ferramentas métodos ou técnicas para a manufatura ou distribuição de um produto necessário para a sobrevivência e o crescimento, estas invenções impactaram na sociedade economicamente, culturalmente, politicamente, e de outras formas. Tipicamente, estas invenções eram aprimoramentos de tecnologias e estruturas sociais antigas, mas algumas delas tiveram impacto revolucionário, causando maiores mudanças econômicas, políticas e sociais. A tecnologia da informação é uma dessas forças revolucionárias.

-

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> FEA – *Finite Element Analisy* (analise por elementos finitos), se trata de uma técnica de cálculo estrutural, aplicada em programas CAE, que utiliza-se de uma malha com nós, que é projetada sobre a superfície do elemento à ser ensaiado/ calculado, com vistas a estabelecer as tensões e deformações envolvidas na peça.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> CAD – Abreviação de *Computer Aided Design*, que são programas de computador que auxiliam a confecção de desenhos técnicos para o desenvolvimento de um produto. Uma indústria hoje, faz o uso de três tipos de programas: CAD, CAE estes últimos (CAM) são os programas que realizam a interface entre os desenhos e as máquinas operatrizes.

## 2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

## 2.1 Proposta do Trabalho

A impressão que se tem é de que a comunidade aeronáutica deixa em segundo plano o projeto e desenvolvimento de aeronaves de treinamento primário. Isto ocorre talvez em função de sua pequena aplicação fora do escopo de missão para o qual foram projetados: treinamento, ou pela pouca flexibilidade para assumir outros papeis operacionais.

Esses tipos de aeronave não interessam do ponto de vista econômico uma vez que fora das forças aéreas dos países mais desenvolvidos e, eminentemente, belicistas, não há tanta necessidade de enormes quantidades de treinadores, em comparação com aeronaves de caça, interceptação ou mesmo transporte, desta forma, inviabilizando seu desenvolvimento em função do baixo número necessário.

Este trabalho utilizou o conhecimento da metodologia de criação adotada pelos Designers Industriais, o ventre da Faculdade de Arquitetura da Universidade Presbiteriana Mackenzie para sua gestação e versa sobre a forma, a função e o uso, ou porque não dizer: *utilitas*, *venustas* e *firmitas* (utilidade, beleza e solidez) de um tipo de aparelho utilizado para o treinamento dos pilotos.

O estudo começou com a pretensão de fazer uma análise de parâmetros, que auxiliassem na escolha de um futuro treinador para os mercados civil e militar, a princípio do país.

Porém, com o avanço da pesquisa, constatou-se que a raiz do problema estava na própria especificação do que seria este avião treinador e mais ainda, focado em três elementos: o homem, a máquina e o método. A definição do que se utilizar está mais ligado à própria atividade do que o envelope de voo<sup>4</sup>, claro que estes aspectos são importantes, mas há assuntos a serem resolvidos de ordem estratégica muito antes de pensar em velocidades e pesos.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> O termo envelope de voo refere-se ao conjunto de dados operacionais que expressam as características de desempenho de um determinado avião.

Optou-se por fazer uma pesquisa com o corpo de instrutores da força aérea, para saber dessa comunidade, quais os anseios, os gargalos e as possíveis soluções para a melhoria da instrução e utilização de um ou mais novos vetores de treinamento, com as características apontadas nos relatos.

## Os objetivos deste trabalho incluem:

- O entendimento e a exposição da atual fragilidade dos meios aéreos de treinamento do país e a indução de novas perspectivas quanto a mudanças na estrutura curricular, quantidade de horas de voo e introdução de uma ou mais aeronaves para a missão de treinamento;
- Estudar a possibilidade de se ter um currículo de treinamento primário padronizado nos ambientes civis e militares e porque não o compartilhamento da mesma aeronave, de preferência nacional;
- Fazer a exposição e indicação dentre os possíveis candidatos à substituição das aeronaves Neiva T-25 da F.A.B, que melhor se encaixe nos requisitos direcionados pelos estudos.

Justificando a necessidade desta tese, cita-se o fato de que a vida útil dos NEIVA T-25C está chegando ao fim e não há muitas alternativas para substituí-lo. O CTA (Centro Técnico Aeroespacial), localizado em São José dos Campos, está estudando a extensão da vida dos T-25<sup>5</sup> até o ano de 2020, não obstante são apenas estudos de resistência estrutural, conduzidos em duas células operacionais dessa aeronave (ALMEIDA, 2003a).

Torna-se perigoso o investimento de uma grande quantia de verba pública para a compra de seu substituto, não se esquecendo de que alguns estudos já estão enfocando a importância da especificação dos treinadores, 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 (RAND CORPORATION, 2005).

-

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Neiva T-25C "Universal" – Aeronave de treinamento de fabricação nacional projetada por Joseph Kovács e montado pela indústria Neiva com sede em Botucatu, estão de São Paulo.

Aeronaves de treinamento de motor a pistão de dois lugares pequenos e leves podem ser utilizadas como um meio econômico para determinar se o aluno tem aptidão necessária para ser piloto (BRAYBROOK, 1998). Além do mais, a necessidade não é restrita ao BRASIL, vários países da América latina utilizam para a instrução básica aeronaves projetadas na década de 1950, que não são mais produzidas.

Algumas dessas aeronaves já passaram por programas de modernização, mas também estão do final de suas vidas operacionais. Segundo as informações do item 3.7 deste trabalho, pode-se ter a idéia da atual situação nos casos de países mais importantes ou mesmo potencialmente futuros consumidores.

A importância estratégica do Brasil, na área de tecnologia aeronáutica, é enorme e, potencialmente, inexplorada nessa fatia do mercado. A credibilidade dos produtos aeronáuticos somados a capacidade produtiva brasileira poderia ser um diferencial, consolidando o fechamento de pedidos regionais deste novo projeto, com isso, seria justificado o investimento em um novo avião de treinamento.

## 3 A INSTRUÇÃO DE VOO

## 3.1 Panorama Geral da Atividade

Toda a atividade do ser humano necessita de prática. Até se conseguir andar, passar por várias fases, onde se descobririam os movimentos, o equilíbrio estático e, por fim, a aventura da dinâmica das massas e os momentos decorrentes.

O mesmo acontece com a atividade de condução de um veículo, seja ele de qualquer natureza, é preciso que se tome ciência da interface desse objeto, suas características e reações quando em movimento, ou seja, o efeito oriundo da aplicação de um comando qualquer e sua intensidade, vinculada aos efeitos resultantes.

Na aviação não é diferente, o aluno deve tomar contato com a máquina, tendo estudado sua física teórica aplicada e fazer um voo inicial, para checar se suas características vão ao encontro da atividade pretendida e, neste caso, os veículos aéreos e navais são os mais complicados, pois não estão, como no caso dos terrestres, impossibilitados de se movimentar em relação ao eixo vertical. Esta liberdade, nos três eixos, traz muitos problemas de ordem fisiológica nos seres humanos como enjoos, desconforto e fobias. Sua operação é complexa, pois nos mares e no ar não há uma delimitação física de espaço, mas sim uma delimitação espacial virtual, geralmente baseada em coordenadas e altitudes, e pontos de referência.

É notório que essas primeiras horas de voo, para a familiarização devem ser realizadas em veículos com características especiais, tendo em vista a pouca ou nenhuma experiência do aluno. A própria cabine de comando deve ter características especiais, que ajudem 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, 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. Assim, essa aeronave de características descritas acima é chamada de aeronave de treinamento.

A instrução civil é dividida em fases, à medida que a dificuldade dos voos vai aumentando, há etapas claramente definidas — não é praxe que um aluno faça as 45 horas do curso de piloto privado e vá pilotar aviões comerciais de transporte de passageiros, um longo percurso é, então, percorrido, passando para o curso de piloto comercial (150 horas totais de voo), onde o aluno fará navegação por instrumentos (IFR), além do curso de multimotores. Muitos pilotos que se brevetam no PC, continuam sua formação como instrutores em aeroclubes, voando para empresas pequenas e táxis aéreos ou fazendo transporte de malotes, claro que esta não é uma sequência obrigatória, apenas um exemplo de um caminho muito comum. Esse caminho ajuda ao acúmulo de horas suficientes e, mesmo assim, terá um período de treinamento teórico, e para voarem em companhias aéreas pratico para adaptar-se à nova aeronave.

Na aviação militar, as fases e os cursos mudam de nome e, para este trabalho, utilizar-se-á essa divisão por ser mais estanque e delimitada, também em função de maior bibliografia encontrada. Na vida militar, têm-se quatro (4) fases definidas de treinamento: (1) Primário, (2) Básico, (3) Avançado e (4) Operacional – aquele que acontecerá na unidade final ou esquadrão. 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 relativos aos custos de aquisição, operação e manutenção, opta-se por uma só aeronave para desempenhar essas duas funções.

Nos aeroclubes civis do Brasil, há a utilização de várias aeronaves diferentes. Geralmente para a fase inicial (piloto privado – Primeiras 40 horas), os alunos utilizam aeronaves mais simples como é o caso do NEIVA P-56C Paulistinha, pois seu custo de hora de voo é mais baixo, além de ter poucos instrumentos e recursos, o aluno pode focar-se nas aptidões do voo, sem ter que gerenciar muitos instrumentos e parâmetros.



Figura 1 – Cessna 152. Fonte: www.airliners.net.

Uma alternativa que está sendo utilizada pelos aeroclubes hoje, como é o caso de JUNDIAÍ, no interior Paulista, é o de importar aeronaves norte-americanas usadas, reformá-las e colocá-las para a instrução. Esse aeroclube, hoje, conta com uma frota de nove Cessnas 152 (Fig.1), que também são utilizados para a instrução primária e básica, mesmo tendo um custo maior por hora de voo, cerca de R\$ 245,00 (comparados aos R\$ 230,00 do Paulistinha P-56C), têm melhor desempenho que os P-56, são mais fáceis de operar, têm mais instrumentos, conforto e ergonomia na cabine, permitindo ainda seu uso para a etapa de PC.

Segundo Fernando de Almeida em seu artigo intitulado: Treinador por Excelência, o Cessninha (referindo-se carinhosamente ao avião) é o melhor substituto para os Aero Boero, que vinham desde abril de 2003, quando da data desta matéria na revista Aero Magazine, sofrendo vários problemas relacionados à falta de peças e acidentes.

## Almeida deixa claro ainda, que:

O Cessna 150 é um treinador com pedigree, didático o suficiente para ensinar muito bem todas as fases de treinamento primário, inclusive o parafuso – manobra que foi banida, infelizmente do currículo de formação para piloto privado. Seu custo operacional é bem inferior aos do Tupi, do Cessna 172 ou mesmo dos Cherokee-140 (ALMEIDA, 2003b, p. 19).

Para as fases subsequentes de Piloto Comercial, escolhem-se aeronaves com melhor desempenho e mais recursos em equipamentos. Para esta função, pode-se citar o Embraer/Neiva 712 – TUPI (Fig. 2). Este – em alguns aeroclubes – é equipado para o voo por instrumentos (IFR), rádios e *transponder*<sup>6</sup>, possibilitando, assim, fazer navegações de maior distância e para aeroportos controlados.



Figura 2 – Embraer/ Neiva EMB-712 – Tupi. Fonte: Fonte: www.airliners.net.

No estágio de multimotores, a escolha mais encontrada é o Embraer/Neiva-820 Sêneca, este bimotor, fabricado sob licença da PIPER norte-americana, equipa boa parte dos aeroclubes brasileiros.

Nota-se, então, que diversos equipamentos são usados para a atividade de instrução, cada qual objetivando uma adaptação melhor ao currículo de manobras e conhecimentos a serem transmitidos, além do fator custo benefício.

26

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Transponder – Equipamento eletrônico utilizado nas aeronaves, que dispõe de um painel com quatro dígitos, que acionados e ajustados a um número específico cedido pelo órgão de controle de tráfego aéreo, possibilitam a identificação da aeronave na tela do radar.

## 3.2 A História da Instrução Civil de Voo no Brasil a partir de 1940 e a Atual Situação

Os aeroclubes são órgãos instalados nas principais cidades brasileiras, cuja missão é a de difundir a aviação desportiva e formar os pilotos para a carreira comercial e executiva, além de pilotos desportivos é claro.

No início da década de 1940, com a carência de escolas de aviação e pilotos brevetados, o Ministro da Aeronáutica, Sr. Salgado Filho, nomeado pelo então Presidente da República, Sr. Getúlio Vargas (Entusiasta da fabricação de aviões no Brasil), lançou a campanha nacional de aviação. Sem recursos do governo federal para fabricar aviões, resolveu com o apoio publicitário do poderoso grupo Diários Associados, dirigido por Assis Chateaubriand Bandeira de Mello, obter através de publicidade, as doações para o projeto.

O slogan criado era o famoso: **Dê asas ao Brasil**, que resultou na venda de muitos dos Paulistinhas (aeronave escolhida como avião de treinamento), antes de sequer estarem prontos na linha de montagem. Em Julho de 1946, das 963 aeronaves de recreio e treinamento registradas em nosso país, 800 tinham sido doadas pela campanha. Cerca de 5.000 pilotos havia se brevetado com essas aeronaves, sendo o total de pilotos da época 5.753. Foram 300 aeroclubes criados e mais de 570 aeronaves doadas, além de bolsas de estudo, o programa terminou em 1949.

O Paulistinha CAP-4 (Fig. 3), fabricado pela Companhia Aeronáutica Paulista de propriedade de Francisco Pignatari (Baby Pignatari), foi um projeto desenvolvido graças a um núcleo de engenheiros do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, centro que dominava, nessa época, a tecnologia de madeiras para uso aeronáutico. O IPT, criado em 1899, como gabinete de resistência de materiais, transformou-se, em 1926, em laboratório de ensaio de materiais, que deu origem a uma seção de madeiras, em 1938 o profundo conhecedor de madeiras aeronáuticas Engenheiro Frederico Abranches Brotero, criou a seção de aeronáutica, subordinada a seção de madeiras. Em 1939, Brotero conseguiu a importação pelo governo de São Paulo de uma máquina para a produção de compensados, utilizando Freijó e Pinho, sendo este o começo de uma série de

aeronaves (planadores e aviões), um desses desenvolvimentos foi o monomotor EAY 201 Ypiranga (Fig. 4), cujos direitos de fabricação foram comprados, pela recém criada, CAP de Baby Pignatari (PEREIRA, 1997).



Figura 3 – Aeronave Paulistinha CAP-4.

Em 1950, José Carlos Neiva, proprietário da Sociedade Aeronáutica Neiva, transferiu-se para a cidade de Botucatu, no interior de São Paulo, para relançar o Paulistinha, após a negociação com o Ministério da Aeronáutica para a licença de fabricação, sugeriu uma série de modificações, com vistas a melhorar seu desempenho em voo e facilitar sua fabricação. O avião atualizado seria batizado de P-56, mantido o nome Paulistinha. Foram fabricadas 260 unidades, também distribuídas aos aeroclubes na época, boa parte deles (cerca de 50%) ainda voa até hoje (Fig. 5).

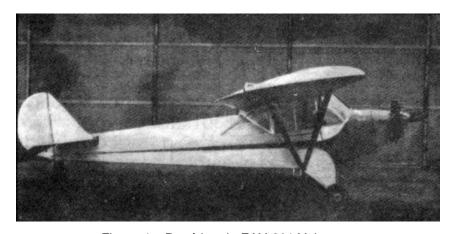


Figura 4 – Protótipo do EAY-201 Ypiranga. Fonte: Pereira (1997).

Em 1986, preocupado com a carência dos aeroclubes brasileiros, o então DAC – Departamento de Aviação Civil resolveu pensar na substituição dos já cansados Paulistinha. Infelizmente, não havia no mercado nenhuma aeronave de treinamento disponível para compra em grande quantidade e, com um custo razoável. Por esse fato, tentou-se inclusive relançar o Paulistinha, porém não houve interesse na fabricação.

No mercado norte-americano, a Cessna havia deixado de fabricar as linhas de aviões leves e a Piper tentava se reerguer após um processo de falência, no Brasil, a Embraer estava se dedicando apenas à construção de aeronaves comerciais e militares e estava em desativação de sua linha de aviões de pequeno porte.



Figura 5 - Neiva P-56-C Paulistinha. Fonte: www.spotter.com.br

A única solução viável pareceu ao ministério recorrer a duas empresas da Argentina, a Aero Boero e a Chincul, que tinham condições de fabricar aeronaves de treinamento. A Aero Boero ofereceu voltar a fabricar seu modelo AB-95/115 (Fig. 6), cuja última unidade tinha sido fabricada há dez anos, a Chincul fabricava, sob licença, os PA-18 da *Piper*.

A única proposta apresentada foi a da *Aero Boero*. Eles poderiam produzir 400 aeronaves em um período de cinco ou seis anos a um preço inicial de US\$ 74.000, para cada avião. A jogada comercial parecia interessante para o Presidente da República José Sarney e para o Presidente Argentino Raúl Alfonsín, pois esta parceria estreitaria a relação comercial entre as duas nações e seria o embrião do

MERCOSUL. O DAC enviou seis (6) instrutores civis, com larga experiência, e dois oficiais da Força Aérea Brasileira, para avaliar uma aeronave colocada à disposição pelo presidente da empresa Sr. Hector Boero.

Os inspetores brasileiros fizeram algumas críticas à Ergonomia da cabine e a baixa potência do AVCO *Lycoming* O-235 de 115hp, porém, finalmente, avaliaram positivamente o avião. Algumas unidades do modelo AB-180, avião de turismo ou agrícola foram encomendados para reboque de planadores e continuavam em produção pela *Aero Boero*, desde 1967.



Figura 6 *Aero Boero* AB-115. Fonte: (http://aero.brasilflog.com.br).

Os primeiros cinco aparelhos foram entregues, em 1988, para o aeroclube do Rio Grande do Sul, em Belém Novo/RS. Na Ocasião, o DAC tinha a ideia de fazer cinco centros de formação de pilotos em substituição às centenas de aeroclubes deficitários espalhados pelo país (LIASCH Filho, 2006).

Com a entrega dos 400 aparelhos encomendados, o DAC doou as antigas aeronaves aos aeroclubes, e muitas dessas ainda estão em uso, hoje. Os *Aero Boero* não trouxeram grande vantagem na instrução, apenas a partida elétrica, o rádio e o intercomunicador foram novidades, no entanto, a capacidade de manobras dos AB-115 é inferior à do Paulistinha, obrigando o DAC a reformular o programa de instrução, retirando algumas manobras do mesmo, tal como o

parafuso comandado. Esta informação, todavia, é controversa uma vez que os instrutores, quando em visita a fábrica, realizaram várias manobras, inclusive com o Sr. Hector a bordo e dizem que a aeronave só não foi homologada para acrobacia, pois o CTA pediu três protótipos para a homologação e o fabricante negou.

A atual situação de carência dos aeroclubes brasileiros no que tange a ausência de aeronaves treinadoras é notória. Após estes 18 anos, os AB-115 estão com falta de peças, na maioria hélice e montante de asa, e a realidade é que os aeroclubes não têm aeronaves de treinamento e estão importando aviões usados norte-americanos, reformando e incorporando à sua frota. Algumas dessas aeronaves chegam em péssimo estado de conservação e precisam de vários cuidados, antes de serem colocados em operação. A falta de um avião padrão também atrapalha o processo.

A empresa AEROMOT, com sede em Porto Alegre-RS foi selecionada para fornecer o novo avião para o governo ceder aos aeroclubes do Brasil, para que os utilizassem na instrução. Este avião é o AMT-600 (Fig. 7) Guri, oriundo da modificação do motoplanador Ximango AMT-100. (Fig. 8). A substituição está em ritmo lento e o equipamento utiliza o mesmo motor do *Aero Boero* AB-115, porém com 200 kg de peso a mais, desta forma *underpowered* como se diz na aviação. Outro problema levantado, em um ensaio, em uma revista especializada é o comando do trem de pouso do nariz, porém esta análise será tratada mais adiante, pois o Guri é um dos modelos que serão examinados neste trabalho.



Figura 7 - Aeronave Aeromot AMT-600 Guri. Fonte: www.aeroclubedobrasil.com.br

A conclusão após este panorama é a de que se precisa estudar a situação atual dos aeroclubes, as necessidades quanto à instrução tanto civil, quanto militar, e tentar ver a possibilidade de utilizar um só vetor para a finalidade de instrução primária e básica. Se possível, além disso, um país como o nosso com um parque industrial tão rico e com várias Faculdades na área da engenharia aeronáutica, não pode importar um avião de treinamento, muito menos aceitar qualquer aparelho de fabricação nacional que não seja o ideal para a tarefa.



Figura 8 - Motoplanador Ximango, fabricado pela indústria *Aeromot*. Fonte: http://www.usafa.af.mil.

Quanto ao uso combinado civil e militar, esta pode ser uma solução para se obter aviões com valor de aquisição mais baixo e uma doutrina comum pelo menos em nível de treinamento primário de voo igual, garantindo a fusão dos conhecimentos e experiências e o consenso das necessidades entre instrutores dos aeroclubes e da Academia da Força Aérea, para a criação de uma metodologia padrão, atualizada, revisada e de maior eficiência. Aí está a base e a situação potencial de se educar e corrigir erros futuros, que começam em ausência de didática, e deficiência de material de apoio ao aprendizado, nas quais o avião de treinamento desempenha papel fundamental.

Sendo a aviação desportiva o berço da aviação geral e comercial, deve ser tratado com a mesma importância com que um governo trata o ensino fundamental de um país.

Não se deve descartar a vocação brasileira na arte de projetar e construir aviões. Citando nomes como o de Alberto Santos-Dumont, Francisco Pignatari e José Carlos Neiva, tem-se a real dimensão do envolvimento com o assunto. Indo ainda mais longe, poderia se projetar um novo avião, resultante de uma especificação que atenda aos mercados civil e militar. Trabalho que poderia tomar corpo dentro do ITA, como um projeto envolvendo alunos da graduação e pós-graduação, além de convênios com outras instituições renomadas na área como a USP de São Carlos e a Federal de Minas Gerais, cujo departamento de mecânica é um dos mais atuantes no país, na construção de aeronaves leves.



Figura 9 - Monomotor STOL Panelinha, construído no ITA, em 1962. Fonte: Pereira (1997).

Um exemplo de projeto, semelhante às aeronaves tratadas neste estudo, pelo porte do avião, foi o do monomotor Panelinha (projetado em 1957), desenvolvida por alunos, sobre a supervisão do Professor René Maria Vandaele.

Eles utilizaram peças e componentes fornecidos pelo Parque de Material Aeronáutico de São Paulo e os esforços de sucessivas turmas. O primeiro voo aconteceu em 1962, o avião após o programa de ensaios foi utilizado como plataforma de estudos para pousos e decolagens curtas, além de reboque para planadores (Fig. 9).

Este projeto, com certeza, mostrou ser uma integração salutar entre o meio acadêmico e a situação real de projeto de aeronaves.

## 3.3 História da Instrução na Academia da Força Aérea Brasileira.

A Força Aérea Brasileira só foi criada durante a segunda guerra mundial, em 20 de janeiro de 1941, através do decreto no 2.961, antes disso, a aviação militar se dividia entre a Marinha e o Exército.

Na primeira guerra mundial, a necessidade de se criar uma força aérea fez com que o governo, através do decreto 12.167, de 23 de agosto de 1916, criasse a Escola de Aviação Naval, as primeiras aeronaves foram adquiridas dos Estados Unidos.

O exercito só iniciou sua aviação após o término da guerra em 15 de janeiro de 1919, foram disponibilizados dois mil contos de Reis para a infraestrutura e organização da Escola de Aviação Militar do exército. As primeiras aeronaves eram de origem francesa *Nieuport* e *Spad* 84 *Hebermont*.

A necessidade da criação de uma força independente já fazia parte da convicção de vários idealistas, mas prematuramente estas idéias ainda não encontravam eco nas fileiras das armas já estabelecidas assim como no governo da época.

Foi então que, no começo de 1941, se criou o Ministério da Aeronáutica, que herdou a princípio dois centros de formação, que por necessidade tiveram de ser fechados: a escola de aviação naval e a escola de aviação militar (exército) foram extintas e em seu lugar foi aberta a Escola de Aeronáutica no Campo dos Afonsos para formar os oficiais aviadores e a Escola de Especialistas de Aeronáutica na Ponta do Galeão, com vistas a formar o pessoal de manutenção nas instalações da antiga Escola de Aviação Naval.

Em 1942, em plena atividade no Campo dos Afonsos, a Escola de Aeronáutica não reunia condições topográficas, meteorológicas e nem de infraestrutura no caso de acidentes. Não haviam campos de pouso de emergência além do tráfego, que era muito grande em função do Rio de Janeiro ser na época, capital federal.

Em 23 de janeiro de 1942, foi designada uma comissão para procurar lugares alternativos para a construção da nova Escola de Aeronáutica, várias localidades do interior paulista foram cogitadas entre as cidades está Ribeirão Preto, Campinas, Rio Claro e a própria Pirassununga, que foi a escolhida por se tratar de local plano de ótimas características de relevo. Ainda durante a segunda guerra mundial, começaram a ser construídos os primeiros hangares. Em 1949, o Ministério da Aeronáutica designou uma comissão para apresentar um projeto para a nova escola, que recebeu a tarefa de submeter à aprovação do Ministro, providenciar e fiscalizar a construção da nova escola.

Em 17 de outubro de 1960, é inaugurado o destacamento precursor de aeronáutica, as instalações contavam apenas com dois hangares, os alojamentos, cassino dos oficiais e as instalações de infraestrutura estavam ainda no antigo prédio da Divisão de Apoio. As pistas do aeródromo eram menores do que as atuais e eram de grama.

O curso naquela época tinha um total de três anos, os dois primeiros eram realizados no Campo dos Afonsos no Rio de Janeiro, onde os cadetes voavam com as aeronaves *Focker* T-21 e T-22 (Fig.10) em instrução básica e avançada.

No começo houve muita resistência por parte dos cadetes, porque Pirassununga não oferecia a mesma comodidade e conforto do Rio de Janeiro, as provas eram confeccionadas no Rio, até os professores e os monitores de educação física eram trazidos da capital, Guanabara.



Figura 10 - Aeronaves Fokker T-21 e T-22.
Fonte: <a href="http://www.fs98fabmil.hpg.ig.com.br/projeto2/t-21-22/t21.html">http://www.museutec.org.br/resgatememoria2002/old/enciclop/cap002/026.html</a>.

Em 1968, chegam à Academia as aeronaves Cessna T-37C (Fig.11), que marcaram uma nova era com o treinamento à jato, em 10 de julho de 1969, a escola de aeronáutica passou a denominar-se Academia da Força Aérea.

Em 1971, a Academia é transferida em definitivo do Campo dos Afonsos para Pirassununga, sendo seu primeiro comandante o Brigadeiro do Ar, Geraldo Labarthe Lebre.



Figura 11 - Aeronave Cessna T-37 Tweet Bird Fonte: <a href="http://www.natnep.com.br/turmamaracuja/nossosavioes.html">http://www.natnep.com.br/turmamaracuja/nossosavioes.html</a>.

A primeira turma se formou em dezembro de 1972 e Pirassununga foi batizada de Campo Fontenelle a partir dessa data.

Os T-37C foram desativados em 1979 e, em substituição, foram colocados em seu lugar os Neiva T-25 Universal (Fig. 12) como treinador avançado, ficando a cargo dos Aerotec T-23 Uirapuru (Zarapa) a instrução primária e básica.



Figura 12 - Aeronave Neiva T-25 Universal.
Fonte: <a href="http://freepages.military.rootsweb.ancestry.com/~otranto/fab/universal\_t25.htm">http://freepages.military.rootsweb.ancestry.com/~otranto/fab/universal\_t25.htm</a>.

No ano de 1984, os T-23 (Fig. 13) se aposentam depois de 14 anos de operação e no ano seguinte entram em serviço os Embraer T-27 Tucano para a instrução avançada (Fig. 14).



Figura 13 - Aeronave Aerotec T-23 Uirapuru. Fonte: http://www.natnep.com.br/turmamaracuja/nossosavioes.html.

A academia da força aérea não forma apenas oficiais aviadores, mas ainda oficiais intendentes que são destinados às atividades administrativas e burocráticas de suporte à força aérea. Em 1982, iniciou-se a formação também de oficiais de Infantaria da Aeronáutica, completando, assim, em seu programa, a formação de três quadros de oficiais, tendo a duração dos cursos de quatro anos cada.



Figura 14 - Aeronave Embraer 312/T-27 Tucano. Fonte: http://freepages.military.rootsweb.ancestry.com/~otranto/fab/tucano\_t27.htm.

Participam ainda dos cursos de formação de oficiais aviadores militares de países amigos que são matriculados através de acordo diplomático.

Em 1996, entra a primeira turma de mulheres para o curso de oficial intendente e, em 2003, ingressam as pioneiras do curso de oficial aviador, que são declaradas aspirantes em 2006. Em 2004, a Academia dá início à Faculdade de Administração da Aeronáutica e, a partir de 2007, os cadetes recebem dois diplomas: um específico de cada especialidade e outro de administração de empresas.

Desde a sua criação em 1941, a Academia da Força Aérea formou 8.078 oficiais sendo destes 158 de outros países.

Foram utilizadas, desde sua criação, as seguintes aeronaves para a instrução:

- Focker T-21;
- Focker T-22;
- North American T-6 "Texan" (Temeia);
- Aerotec T-23 Uirapuru;
- Neiva T-25 Universal;
- Embraer 312 T-27 Tucano.

3.4 Treinamento Militar - A Experiência Geral da USAF (Força Aérea Norte

Americana) com Foco na Implantação dos Programas de Introdução e

Monitoramento em Voo

No início das pesquisas para este trabalho, pensou-se que a máquina seria o

objeto de estudo único e isolado, entretanto, o que se descobriu, é que o problema

com a instrução de voo, tem três ordens, segundo Hays (2002):

A - Homem<sup>7</sup>;

B – Máquina;

C – Método.

Neste texto, procurou-se enfocar os três componentes, com o objetivo de se

chegar a uma ideia mais clara do processo, e do que se pode esperar de um novo

treinador, ou talvez a sugestão de modificação do sistema de treinamento adotado

aqui neste país.

Nos Estados Unidos da América do Norte, a Força Aérea adotou, desde o final dos

anos 1950, um sistema de introdução ao voo (Light Plane Screening), que

apresentava ao candidato a piloto, antes de seu treinamento básico, uma série de

vôos, onde eram demonstradas as principais manobras e era dada a oportunidade

para o aluno conhecer suas aptidões ou restrições para a nova atividade escolhida.

A função principal e a de separar aqueles candidatos que não possuem perfil para

serem oficiais aviadores. Desta maneira, o sistema corta do grupo potenciais

fracassos que de alguma forma gastariam as verbas do governo sem proveito

algum.

O Atrito<sup>8</sup> (Attrition Rate), sempre foi uma preocupação dos Estados Unidos, em

função da quantidade de pilotos ativos em seu quadro e as demandas por aumento

de efetivos operacionais, para emprego nos conflitos em que se envolveram nos

-

<sup>7</sup> O termo homem refere-se ao gênero e serve tanto para designar pessoas do sexo masculino e feminino.

<sup>8</sup> Chama-se de ATRITO ao percentual de alunos que são desligados do voo por diversos motivos, entre eles: falta de aptidão para o voo, medo de voar, falta de motivação na carreira militar e problemas físicos.

séculos XX e XXI. (I e II Guerras Mundiais, guerra da Coréia, Guerra do Vietnã, guerra do Iraque, Bósnia e, mais recentemente, Afeganistão).

Todos esses conflitos contribuíram para o aumento do número de oficiais aviadores na linha de frente, e é claro que, após o término das guerras, novamente, o sistema contava com cortes de orçamento e, então, a estrutura voltava aos números regulares ou números em tempo de paz.

Em virtude da característica belicista da nação em questão (EUA), vários estudos foram e continuam a ser encomendados pelo governo norte-americano para rever os processos de instrução, assegurando a maior eficiência e o menor dispêndio de capital público para sua realização, sobretudo em função da flutuação dos números, decorrentes das ações, em tempos de guerra. Uma crítica inclusive dos autores pesquisados, é a de que o governo quando pratica corte de recursos, geralmente o faz na área de instrução, o que segundo Hays (2002), acarreta sérios problemas que só serão percebidos em longo prazo, ou após a entrada em serviço desses alunos.

A USAF (Força Aérea dos Estados Unidos da América) iniciou o processo de treinamento, em 1909, e era constituído de um único avião e um instrutor. Por quase um século, desde este simples começo, eles têm formado aviadores altamente competentes.

O sistema responsável por essas ações de sucesso que teve ampliações e reduções, passou por duas guerras mundiais e outros conflitos regionais, adaptouse tecnológica e doutrinariamente. Análises históricas indicam que esses sistemas empregados pela USAF – que na época se chamava serviço aéreo do exército – tiveram uma grande continuidade em sua filosofia e metodologia (HAYS, 2002).

As alterações nos programas de instrução visavam a sua adequação a várias situações, entre elas, a falta de aeronaves específicas de treinamento ou os exponenciais aumentos na demanda devidos a necessidades emergentes, os chamados planos de expansão.

O treinamento de voo na USAF pode ser dividido em dois tipos, utilizados em diferentes épocas:

- Generalizado Aquele em que os candidatos voam o mesmo avião e currículo disciplinar até o começo de sua vida operacional, independente do tipo de especialização pretendida;
- Especializado Programa que conta com habilitações diferentes para os candidatos, estes são separados para diferentes trilhas que utilizam currículos e aeronaves diferentes, segundo a habilitação da unidade fim.

O sistema generalizado foi utilizado desde o começo da instrução de voo (1909), porém em virtude da Primeira Guerra Mundial com a necessidade de especialização e o curto tempo para a formação do oficial aviador apto para o combate, foi abandonado em detrimento de um programa mais especializado, que dividia o contingente de candidatos em trilhas ou habilitações:

- Perseguição (caça);
- Ataque;
- Bombardeio;
- Observação.

Na época, havia alguns defensores do programa generalizado, o principal deles era chefe de treinamento e divisão de operações, Carl Spaatz. Ele acreditava que a separação e a afiliação prematura com um tipo de aviação (habilitação ou especialização) comprometiam a coesão estrutural da força. Esta afirmação não era errada, pois a divisão no treinamento já separava os alunos em comunidades, que, em virtude de características gerais do grupo ou finalidade, estabeleciam rivalidades entre os seus componentes (HAYS, 2002). O sistema generalizado é empregado na Força Aérea Brasileira até hoje.

Na USAF, o sistema especializado foi usado desde a primeira guerra mundial até o final da década de 1950, quando foi substituído pelo generalizado (todo feito em aeronaves à reação), implantado por diversos fatores, discutidos mais a frente neste texto.

Atualmente, além de especializado (Fig. 15), conta com a inclusão de cadetes também da marinha, tornando-se conjunto (JSUPT - Joint specialized undergraduate pilot training, sistema conjunto especializado de treinamento de voo).

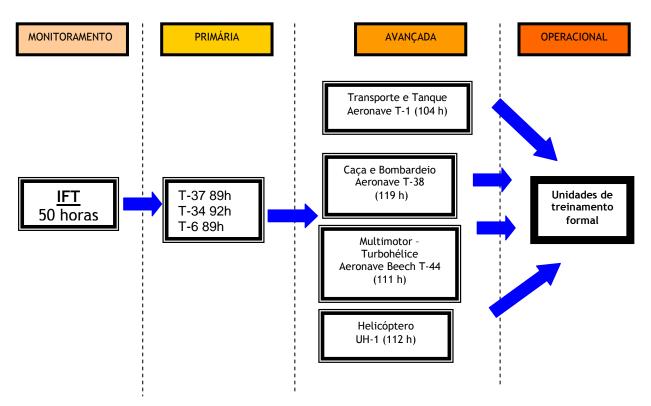


Figura 15 - Organograma do Treinamento JSUPT - Joint Specialized Undergraduate Pilot Training - USAF - 20049. Fonte: Adaptado pelo autor de AUSINK et al. (2005).

Desde o princípio, a necessidade de um programa de pré voo ou doutrina de voo na instrução era sentida, pois, os números de atrito nas fases iniciais eram muito altos por volta de 50%, isto quer dizer que dos 15.000 alunos que entraram no treinamento em 1918, apenas 8.689 receberam suas asas no ano de 1918. (HUSSEY, 2004).

Historicamente, os fatores que foram responsáveis pela mudança no tipo de treinamento podem ser reduzidos a três causas:

- A necessidade de tarefas operacionais;
- Demanda em tempos de conflitos (guerras);

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> O gráfico acima foi adaptado de AUSINK et al. 2005 e não está atualizado quanto aos programas de monitoramento que passaram a novas denominações e currículos em 2006.

Disponibilidade de aeronaves de treinamento.

O programa de introdução ao voo (*flight indoctrination*), começou realmente em 18 de fevereiro de 1943, com a inauguração do *College training program* (programa de treinamento militar de voo em Faculdades), neste programa os candidatos que se classificassem no último mês de estudos, receberiam treinamento civil de voo.

O programa foi uma manobra do comando de aviação do exército, pois havia 93.000 cadetes voluntários ociosos enquanto aguardavam a entrada na instrução primária e básica (que estavam lotados), como na época se precisava de muitos oficiais aviadores para a entrada de serviço na guerra, não era intenção deixá-los parados.

Foi criado, então, o *College Training Program*, para mantê-los ocupados e motivados, além de conceder treinamento acadêmico nas áreas de física e matemática, oferecia doze sortidas, totalizando dez horas de introdução ao voo (*flight indoctrination*).

Um programa de Introdução ao voo não é o mesmo de monitoramento em voo, no primeiro caso, garante ao aluno apenas uma familiarização com a atividade, sendo um currículo mais leve com poucas manobras (10 horas em 12 aulas, sem voo solo). Não havia desligamentos nesta etapa, apenas por problemas de enjoo ou pedido pessoal do candidato. Já, no segundo caso, o aluno é submetido a um currículo mais avançado e criterioso.

O programa foi cancelado em janeiro de 1944 em função de terem conseguido resolver o problema do contingente de cadetes a espera de trabalho e também em função do alto comando achar que era gasto desnecessário de dinheiro.

Ao término o pessoal dos centros de treinamento concluiu que o programa conseguira baixar o número de atrito na instrução primária, porém quando os cadetes atingiam a fase básica do programa de instrução de voo, todos, mesmo aqueles que não haviam recebido as dez horas de introdução ao voo, apresentavam o mesmo nível de proficiência. Também havia falha na padronização devido ao grande número de escolas civis contratadas e falta de

disciplina, além da enorme diferença do tipo de aeronaves utilizadas e as aeronaves reais da força aérea. (HUSSEY, 2004).

Após o encerramento do programa nas faculdades em início de 1944, não se utilizou um programa de monitoramento ou introdução ao voo em aeronaves leves até 1951, apesar de o atrito ter voltado a subir no ano de 1945.

Com o início das hostilidades com a Coréia do Norte no início da década de 1950, contando com os orçamentos apertados o que ia de encontro ao aumento da quantidade de pilotos formados, surge novamente a necessidade de se eliminar candidatos antes que esses houvessem consumido tempo e dinheiro.

Deve-se notar que com o aumento da demanda é que o atrito cresce, isto é importante, quando se considera o estabelecimento de um programa de monitoramento em voo em forças aéreas menores ou com poucos alunos em suas turmas, onde parece ser mais fácil o controle ou até a pré-seleção do candidato.

Embora a afirmação acima possa ser relevante e correta, é curioso que a taxa de atrito na força aérea brasileira seja, em 2009, da ordem de 30% na fase inicial da instrução (segundo a pesquisa com o comandante do 2º esquadrão de instrução da academia da força aérea), quando são apenas 40 cadetes e seria, teoricamente, mais fácil o controle e administração da instrução.

O atrito na época da década de 1950 era muito alto; por volta de 53%, com base nestes números, foi realizada uma pesquisa em que se revelou que apenas 43% dos candidatos haviam sido eliminados por deficiência no voo. Os outros desligamentos foram em função de fatores diversos, dentre eles:

- Medo de voar;
- Desgosto pela atividade;
- Deficiências acadêmicas ou militares;
- Deficiências físicas;
- Falta de motivação (27%).

Sendo o último item responsável por 27% dos desligamentos. Achando os números muito grandes em relação à falta de motivação, investigou-se durante seis meses e chegou-se à conclusão que boa parte da desmotivação vinha do uso dos *North American* T-6 (Fig. 16), que eram aeronaves muito complexas para iniciantes. Esta constatação tem correspondência com o que fala Kovács (1986) em seu relatório, se referindo ao mesmo avião como: o "péssimo" T-6.

Kovács fala dos treinadores com vida operacional longa, sem ao certo saber qual o motivo para a ocorrência do fato, se por qualidades técnicas quantificáveis ou circunstâncias diversas como: guerra, política ou financeira. No caso dos T-6, foram incorporados a nossa força aérea por fatores econômicos, e em virtude da abundante quantidade produzida durante a 2º Guerra Mundial.



Figura 16– *North American* T-6 *Texan*. Fonte: www.airliners.net

O monitoramento em voo utilizando-se aeronaves leves foi considerado na época como barato na implantação e operação.

Aproveitando o término dos protótipos construídos por duas empresas para um possível substituto para os T-6, fez-se em 1951/1952 uma experiência chamada de fase 1, envolvendo 30 alunos sem qualquer experiência em voo.

Seis alunos foram treinados nos *Beechcraft* YT-34 (Fig.18a), nove alunos treinados nos *Temco* YT-35 (Fig.18b) e 15 serviram de grupo de controle e voaram os T-6. Ao término do experimento, constatou-se que os alunos que foram treinados nos

dois protótipos de aeronaves mais leves foram ao término iguais ou, superiormente, proficientes.

Como resultado desse estudo, foi proposto, em 1952, um programa chamado de *Revitalized Pilot Training Program*, que propunha uma divisão do treinamento em quatro fases (Fig.17):

- Pré voo;
- Primário;
- Básico;
- Avançado.

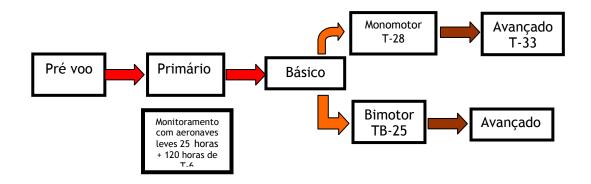


Figura 17 – Organograma do treinamento de voo revitalizado USAF – 1952/1953. Fonte: Adaptado pelo autor de HUSSEY (2004).

Como aeronave interina de monitoramento em voo, foi escolhida a *Piper* PA-18 (Fig. 19), pois não se tinha previsão da disponibilidade de aeronaves mais leves substitutas para os T-6.

Mais à frente, quando liberados para a construção pelo governo, os T-34 substituíram os PA-18, que em função de sua baixa velocidade e restrições quanto a manobras acrobáticas, não representavam uma aeronave própria para a função. Os *Beechcraft* T-34 Mentor começaram seu serviço no ano de 1954 e, com eles, um novo currículo proposto. Os alunos voariam 40 horas nessas aeronaves e depois passariam para os T-28 (Fig.20). O currículo de monitoramento agora incluía manobras acrobáticas o que fornecia um voo mais similar aos voos militares

operacionais, garantindo mais eficácia ao programa. As 40 horas eram divididas em 12 horas de pré-solo, 22h de proficiência e 6 horas de acrobacia.





Figuras 18a e 18b - Aeronaves *Beechcraft* YT-34 e *Temco* YT-35. Fonte: http://www.castleairmuseum.org e http://aerofiles.com

Os resultados do programa de voo revitalizado foram notórios. As taxas de atrito após sua implantação tiveram significativa queda, como pode ser conferido na Tabela 1.



Figura 19 – *Piper* PA-18 *Super Cub* Fonte: http://www.jordancoffey.com/mainpage\_photos/PA-18.jpg

Tabela 1 – Número de atrito (1952-1954) no treinamento de pilotos da USAF.

Números de atrito pré e pós. Programa revitalizado de treinamento em voo (USAF)								
Ano	Atrito no pré voo	Atrito no Primário	Atrito no básico monomotor	Atrito no básico bimotor				
jan. a jun. 1952		27.0%	13.5%	5.0%				
jul. a dez. 1952		27.5%	9.5%	2.2%				
jan. a jun. 1953	12.7%	24.4%	11.4%	3.5%				
jul. a dez. 1953	14.1%	22.5%	13.8%	7.5%				
jan. a jun. 1954	13.1%	20.0%	14.3%	11.2%				
jul. a dez 1954	10.4%	17.5%	9.2%	6.8%				

Fonte: Adaptado pelo autor de HUSSEY (2004).

Nota-se que o atrito na fase primária caiu de 27.5% para 20% na última metade de 1954, demonstrando que o pré voo teve influência benéfica nos desligamentos dos candidatos; porém, o atrito na porção básica do treinamento no mesmo período foi de 9.5% para 14.5% para os candidatos que tinham instrução em monomotores; e subiu de 2.2% para os incríveis 11.2% nos cursos de bimotores. Depois de analisado o fato, descobriu-se que os desligamentos por vontade própria haviam excedido os decorrentes pela falta de motivação e eram provenientes da crença de que os cadetes com curso superior eram muito qualificados e poderiam obter empregos mais rentáveis na iniciativa privada e, desta forma, arrependiam-se, desistiam e voltavam à vida civil.

Em 1954, foi instituído um outro programa, agora não no currículo formal da força aérea, todavia destinado aos cadetes da reserva (AFROTC), oferecido aos alunos

voluntários de Faculdades e Universidades, este curso era batizado de FIP – *Flight Indoctrination Program* – com duração de quatro semanas.

Além de identificar possíveis fracassos, um outro objetivo era o de diminuir a distância dos cursos fornecidos nas Universidades com aquele disponibilizado na própria força aérea, tanto na parte acadêmica quanto treinamento em voo.

O interesse nos programas das Faculdades e Universidades é que para a USAF o curso de oficiais da reserva, garantia e, ainda hoje, garante mão de obra qualificada e que em tempos de necessidade engrossam as fileiras dos homens prontos para o combate. Para os cadetes, continua sendo a garantia do suporte financeiro para cursar as instituições particulares com bolsa paga pelo governo.

No ano de 1954, também foi criada pelo congresso americano a academia da força aérea em *Colorado Springs* – Colorado. O comando aéreo de treinamento (ATC) começou a oferecer um programa baseado no FIP, chamado de PIP – *Pilot indoctrination program*<sup>10</sup>, que constituía basicamente no mesmo currículo do FIP (5 horas de voo nos T-34 e 5 horas de voo nos T-28), só que feito de maneira centralizada na base da força aérea de *Lowry*, também no Colorado (as instalações da academia ainda não estavam completas e não havia uma pista de pouso e nem hangares).



Figura 20 – *North American* T-28 *Trojan* Fonte: www.airliners.net

\_

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> É necessário fazer uma distinção entre os programas de *flight screening* e *flight indoctrination*. Os primeiros monitoram os cadetes e realmente realizam instrução, já os programas de pré voo, *indoctrination* ou *flight introduction*, apenas apresentam o voo, são mais uma forma de agente motivador do que um tipo de instrução.

O programa de introdução ao voo é um bom incentivo à descoberta da oportunidade de voar, mexe com a moral e instiga o descobrimento passo a passo das ações e reações da mecânica do voo. O caráter motivacional dessas primeiras horas de instrução é decisivo na escolha ou não da profissão.

O pessoal do comando aéreo de treinamento chegou à conclusão de que o FIP era uma maneira barata de identificar aqueles que não eram qualificados para o treinamento de voo. A diferença do atrito na fase primária de treinamento de voo dos candidatos que passaram pelo programa era quatro vezes menor, ficando em torno de 6.3% para os cadetes do curso de oficiais da reserva que passaram pelo FIP, contra 24.7% de atrito para cadetes que não fizeram o programa (dados das turmas 59C até 59G do ano de 1959 – HUSSEY, 2004).

Nos primeiros dez anos de programa FIP, tomaram parte da instrução 14.000 candidatos.

Com o final do conflito da Coréia, novamente veio uma redução na necessidade por pilotos, todavia o governo não fez cortes tão grandes como no término da segunda guerra. A intenção agora era reduzir a quantidade, no entanto, melhorar a qualidade dos egressos.

Em 1959, uma mudança significativa ocorre impulsionada pela crescente onda das aeronaves movidas à reação e em função da escassez de aeronaves de treinamento bimotores, a USAF optou por mudar novamente para um treinamento generalizado, descontinuando a instrução nos T-34 (utilizado desde 1954) e colocando um treinador movido a jato puro.

Acreditava-se que as 30 ou 40 horas de monomotores a pistão induziam a vícios e erros que levavam de 15 a 20 horas para serem corrigidos no voo com jatos, isto também foi um fator que motivou a mudança. Reduzir-se-ia a quantidade de aeronaves de treinamento no inventário da USAF.

A concorrência de fornecimento do avião foi ganha pela CESSNA sediada em *Wichita* no Estado do Kansas (meio oeste americano). Fabricante de várias

aeronaves a pistão para o mercado civil e também militar, esta empresa ofertou um avião de treinamento bi-reator, metálico, com assentos dispostos lado a lado e ótimas características de pilotagem.

Para o pessoal do alto comando da USAF, o treinamento seria todo feito, ao menos as etapas primária e básica, no T-37 *Tweet* (Fig. 21) e, após o término, seguiriam para o *Lockheed* T-33 e, posteriormente, os *Northrop* T-38 *Talon* (substitutos dos T-33, comprados em 1961).

Achava-se que a base da instrução seria a linha mestra da caça, doutrina mais rígida e que compreendia manobras acrobáticas e voos de alto desempenho, desta forma, era um treinamento mais intenso e difícil que poderia formar pilotos para as outras habilitações (transporte, bombardeio etc. mais flexíveis e competentes).



Figura 21 - Aeronave Cessna T-37 *Tweet Bird* Fonte: http://www.au.af.mil/au/awc/systems/dvic261.jpg

Entretanto, com certeza, esse piloto deveria passar por uma outra introdução ao voo especifico de cada área, quando efetivamente fosse para a unidade fim (operacional). É difícil acreditar que a instrução fosse suficiente, mas assim o foi durante três décadas.

Esse sistema chamado de *ALL JET* – todo feito a jato – ia de encontro ao sistema tão comprovadamente eficiente até então por ser generalizado, além de conflitar com alguns dos princípios do ISD – documento regimental doutrinário de instrução – da USAF.

O sistema todo baseado em jato vigorou por trinta anos, sendo substituído em 1991 pelo atual SUPT – *Specialized Undergraduate Flight Training Program* (Programa de Treinamento de Voo Especializado).

Contudo, mesmo com a instrução toda feita em aeronaves à reação e à falta de aeronaves leves para o pessoal da academia, os cadetes da reserva (ROTC) continuavam a receber as horas de voo no programa FIP.

É preciso destacar que são três as fontes de recrutamento de pilotos na USAF:

- Academia da força aérea americana;
- OTS Escola de formação de oficiais;
- ROTC Curso de oficiais da reserva.

Estes estabelecimentos têm apenas o papel acadêmico. A instrução de voo nos programas UPT ou, atualmente, JSUPT, são de responsabilidade do comando aéreo de Ensino e treinamento AETC<sup>11</sup>. Os programas de introdução ao voo, surgiram nessas escolas com o intuito de selecionar e motivar o candidato até a conclusão dos cursos e fazê-los a continuar na carreira. Por esta razão, fica confuso referenciar um programa oferecido pelo comando aéreo de treinamento ATC, similar a aqueles também oferecidos por essas escolas aos candidatos (cursos de introdução ao voo), porém, com currículos mais extensos, chamados de programas de monitoramento em voo ou *flight screening*.

Os programas de introdução têm por volta de 10 a 15 horas de voo, enquanto uns programas de monitoramento não possuem menos do que 30 horas em média.

Com a queda na necessidade do número de pilotos, o comando aéreo de treinamento procurou uma maneira de juntar as porções primária e básica do treinamento de voo em um mesmo lugar e, assim, em março de 1960 foi aprovado pelo secretário da força aérea um novo programa: *Consolidated Pilot Training*, que entraria em vigor em 1961, havia também a intenção de substituir os instrutores civis por militares e acabar com as escolas primárias privadas terceirizadas.

1

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup> O Comando Aéreo de Treinamento da USAF (ATC – *Air Training Command*) passou a denominar-se Comando Aéreo de Ensino e Treinamento (AETC – *Air Education and Training Command*) em 1° de julho de 1993. (HUSSEY, 2004).

Em 13 de março de 1961, começa então o UPT – *Undergraduate Pilot Training*, acabava então, o monitoramento em aeronaves leves fornecido pelo comando aéreo de treinamento (Fig. 22).

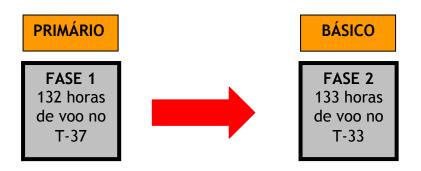


Figura 22 – Sistema de Instrução UPT em duas fases (*All Jet*), implantado em 1961. Fonte: Adaptado pelo autor de HUSSEY (2004).

Na década de 1960, deixou-se de se utilizar os aviões leves no programa UPT, em virtude do uso do programa *All jet* citado anteriormente. Um programa de monitoramento similar só foi retomado cinco anos depois com a entrada em serviço dos Cessna T-41 (Fig. 23), em um programa conhecido como: *Light Plane Screening*, onde os candidatos sem experiência de voo voariam 30 horas nessas aeronaves. Os alunos provenientes das três fontes de recrutamento com experiência de voo ou detentores de carteira de piloto privado, voariam apenas 18 horas.

Este programa tinha vistas à redução de atrito frente ao novo aumento da demanda pela entrada dos EUA na Guerra do Vietnã.

Percebe-se, então, que o atrito sobe e com ele a necessidade de programas de monitoramento em voo em todas as guerras, sendo assim notório na Segunda Guerra Mundial e na Guerra da Coréia e Vietnã.



Figura 23 – Aeronave Cessna T-41 *Mescalero* Fonte: http://www.fas.org/programs/ssp/man/uswpns/air/trainer/t41ac.html.

Em 1970, o atrito continuava alto, muito embora, continuasse a existir programas de monitoramento em voo. Com a crise do petróleo, foram pensados vários meios alternativos de monitoramento, inclusive seleção e uso de métodos baseados em solo, como é o caso de testes escritos de qualificação, simuladores e testes psicomotores.

Tentou-se por parte do comando aéreo de treinamento ATC, descontinuar o voo nos T-41, substituindo-os pelos testes baseados em terra, alegando que esta ação economizaria US\$ 773,000, no ano de 1977, e chegaria a US\$ 1.5 milhão quando o atrito chegasse à meta de 10%, previamente estabelecida.

O alto comando da USAF se negou a substituir o voo nos aviões leves pelos chamados GBS (*Ground Based Tests* – testes feitos em terra) em função das três fontes de recrutamento possuirem monitoramento em aeronaves e se o ATC adotasse outra forma, seriam dois sistemas diferentes o que a seu ver não seria nada prático.

Na década de 1980, houve mudanças no FIP que era ministrado para os cadetes do ROTC, passou a chamar-se FSP – *Flight Screening Program*.

O atrito chegou em 36,5% em 1983 e várias mudanças foram colocadas em curso, além da redução de horas no programa FIP de 25 para 14 horas, impulsionadas pela redução nos gastos.

Uma mudança significativa tomou corpo em 1989, com a transição planejada para o sistema especializado de instrução, que começaria em 1991. O mote agora, analisando os sistemas anteriores, era fazer melhorias no programa para criar um programa definitivo todo desenhado com base nas experiências anteriores.

### 3.4.1 EFS - Enhanced Flight Screening

Em 1990, iniciou-se uma pesquisa com vistas a melhorar o processo de instrução e escolher uma nova aeronave para instrução com melhores características de voo e desempenho, comparativamente aos *Cessna* T-41.

Foi instituída uma comissão BAR (*Broad Area Review*) que realizava reuniões com outras instituições de treinamento americanas, inclusive da marinha americana com a intenção de melhorara qualidade de todo o processo de monitoramento em voo. O consenso destas reuniões, era de que o monitoramento em voo não era um meio eficaz para o candidato e à força poderem avaliar seguramente qual aviação ou habilitação seguir.

Na verdade, visto nesse estudo do processo americano de instrução desde seu começo, houve algumas situações onde se cogitou que o voo com aviões leves não refletem a realidade do voo operacional e não contribuem muito para motivar ou esclarecer ao candidato o que é a atividade operacional (ou ao que ele estará ou estaria submetido no futuro).

Somado a isto, está a falta de instrutores militares com experiência em combate ou operacional, que também tem influência na qualidade da instrução, problema apontado por Michael Hays (2002, p. 38).

Como resultado, surgiu a proposta de um novo sistema de monitoramento chamado EFS – Enhanced Flight Screening (sistema de monitoramento em voo

melhorado), que deveria contar com uma aeronave de melhor desempenho em relação aos *Cessna* T-41 *Mescalero*, utilizados nos programas de monitoramento até então.

.

O objetivo principal do EFS, era de baixar o atrito no SUPT, para 15 a 20%, meta considerada boa se conflitada à media dos últimos dez anos que era de 27.5%. O valor levantado pela comissão do custo para os cofres da união de cada ponto percentual de atrito na instrução da USAF era da ordem de U\$ 1 milhão.

O plano é que o EFS seria ministrado na academia e na base aérea de *Hondo* no Estado do Texas para os candidatos das três fontes de recrutamento e incluiriam acrobacia, voo invertido e exposição a médios valores de aceleração G, o que seria impossível com os Cessna T-41 (mencionados acima).

Para testar a viabilidade do programa de EFS com os métodos de seleção de pilotos, resolveu-se fazer um teste com o programa recém criado paralelamente ao então FSP - *Flight Screening Program* regularmente oferecido com os T-41.

Assim, a empresa DOSS *Aviation*, que já era responsável por ministrar o programa de FSP – *Flight Screening Program* para os cadetes da OTS e oficiais de forças aéreas estrangeiras, foi escolhida para encabeçar uma pesquisa, usando aeronaves de melhor desempenho. A empresa, então, arrendou sete aeronaves italianas de treinamento avançado *Siai Marchetti* SF-260 (Fig. 24) totalmente acrobáticas. Em 15 de junho de 1990, ativou-se o 1º Esquadrão de monitoramento em voo (1st Flight Screening Squadron).



Figura 24 - Aeronave Siai Marchetti SF-260-E. Fonte: http://www.geocities.com/sf260abcd/AirForce1.jpg

Alunos de quatro fontes de recrutamento participaram do projeto:

- Oficiais do serviço ativo (inclusive sete navegadores);
- Candidatos do AFROTC;
- Oficiais da OTS;
- Cadetes da Academia da Força Aérea.

Nenhum dos participantes possuía brevê de piloto privado. Dos 57 alunos que entraram no treinamento, 47 completaram satisfatoriamente o curso, um atrito de 17.5%, consideravelmente mais baixo do que os 25% previstos. Os SF-260 são aeronaves acrobáticas de alto desempenho, com assentos lado a lado e asa baixa, construídos integralmente em alumínio.

O teste foi ótimo para validar o novo currículo do EFS - Enhanced flight screening, além de ajudar a definir os requisitos para a aeronave substituta dos Cessna T-41 e também para determinar a coerência do EFS com o PSCS – Pilot Selection and Classification System.

Da análise feita pelos instrutores com os Siai Marchetti, foram extraídas algumas das características vistas como necessárias para a aeronave substituta do programa de monitoramento em voo:

- Trem de pouso retrátil;
- Ar condicionado:
- Compensador elétrico;
- Sistema de combustível com alarme de nível baixo (bruxa);
- Capacidade de voar IFR (voo por instrumentos), pois, às vezes, nuvens baixas na área de treinamento fazem com que acabem os voos de instrução em função da obstrução da visibilidade.

Enquanto o treinamento ainda acontecia com os SF-260, o Comando aéreo de treinamento e a Academia da Força Aérea promoveram um encontro de conformidade operacional, onde as empresas interessadas em fornecer a nova aeronave do programa de monitoramento em voo, reuniram-se para conhecer detalhes como o ambiente de operação e detalhes dos programas de treinamento, este evento aconteceu de 22 de julho a 10 de agosto de 1990.

Ao todo, participaram 10 empresas americanas e estrangeiras:

- Aeroespatiale (França);
- Mooney (EUA);
- FFA (Suíça);
- Siai Marchetti (Itália);
- SAAB (Suécia);
- Slingsby (Reino Unido);
- Glassair (EUA);
- Piper (EUA);
- American General (EUA);
- Taylorcraft (EUA).

A USAF aproveitou a oportunidade para conhecer o que havia de aeronaves no mercado e coletar as informações para redigir o documento de requisição de propostas (*Request for Proposals*).

Em 17 de janeiro de 1991, o ATC – *Air Training Command* (Comando Aéreo de Treinamento) publicou o documento chamado de Requisitos Operacionais de Sistemas para o programa de monitoramento em voo melhorado (EFS). Inicialmente, requisitando 125 aeronaves.

Em 29 de abril de 1992, a Divisão de Sistemas Aeronáuticos sediada na base da força aérea de *Wright Patterson* – OHIO, anunciou o vencedor da concorrência – A empresa do Reino Unido *Slingsby Aviation*, que era parceira da empresa *Northrop* sediada em *Oklahoma* – EUA.

A aeronave a ser produzida era uma versão do *Slingsby Firefly*, modificado e repotencializado designado pela USAF T-3A (Fig. 25). As características não eram muito parecidas com a descrição dos instrutores após o teste com os SF-260, mas o avião era comercialmente disponível e certificado pelo FAA na categoria acrobático. O T-3A era um monomotor à explosão com asa baixa, assentos dispostos lado a lado com comandos duplicados e feito em materiais compósitos, sua velocidade de cruzeiro era de 178 milhas por hora, o equivalente a 287 quilômetros por hora.

Mais problemas ainda estavam por vir, inicialmente relacionados ao contrato, que a pedido dos concorrentes perdedores foi submetido a uma investigação do congresso americano. Em setembro de 1992, o Tribunal de Contas (*General Accounting Office*) liberou o ATC (Comando Aéreo de Treinamento) a continuar com o programa de EFS, contudo, os problemas não pararam por aí.

A 12º Ala de treinamento aéreo da USAF (sediada na base da força aérea de *Randolph*), recebeu o primeiro T-3A em 4 de fevereiro de 1994; um instrutor da fábrica treinou e checou seis instrutores do 3º Esquadrão de treinamento e mais alguns pilotos da 9º Força Aérea e do Centro de Avaliação e Ensaios em Voo da USAF. Estes pilotos, por sua vez, ficaram responsáveis pela formação dos outros

instrutores, inclusive os instrutores civis da DOSS *Aviation*, responsáveis pela instrução dos alunos da AFROTC e da OTS.



Figura 25 - Aeronave: *Slingsby Firefly* T-3A. Fonte: http://www.airliners.net

Em março de 1994, os primeiros cinco alunos começaram o monitoramento de voo nos T-3A. E, então, uma onda de acidentes aconteceu com os T-3A, que comercialmente dispunham de motores que variavam de 160 a 200hp e era a primeira vez que se instalava um motor de 260hp naquela célula<sup>12</sup>.

De 18 de fevereiro a 20 de julho de 1994, houve 12 panes relacionadas à operação com o motor, em diversas ocasiões, em que o motor estava em marcha lenta ou baixa PRM (Rotações por minuto do motor). Preocupado com as panes sem explicação, o Comando aéreo de treinamento resolveu interditar a frota dos 16 *Firefly*.

Após meses de suspensão do voo com os T-3A, o Comando aéreo de treinamento retirou a proibição de voo, disponibilizando os aviões com um novo sistema de alimentação. Entretanto, os problemas com os T-3A não acabaram ali. Em fevereiro de 1995, um T-3A voando em missão de rotina na Academia da Força

60

<sup>&</sup>lt;sup>12</sup> Célula - é o nome dado a estrutura básica de uma aeronave (fuselagem, asas e empenagem), não se levando em conta o grupo motopropulsor.

Aérea, caiu matando ambos, instrutor e aluno. Em decorrência deste acidente, foi incorporado o uso de paraquedas para os voos no T-3A.

Até novembro de 1995, foram contabilizadas 34 paradas de motor em sua maioria acontecendo na academia da força aérea norte-americana durante o verão, sendo 32 em marcha lenta no solo e duas em voo.

Embora tenham ocorridos os acidentes fatais, a aeronave provara ser útil na redução do atrito (Tabela 2) nos anos de 1994 e 1995, conseguindo baixar o índice 8.6 pontos percentuais em comparação ao Cessna T-41 na academia da força aérea (*Air Force Academy* – AFA).

Tabela 2 – Número de atrito na USAF por unidade de comissionamento.

Atrito nas forças de comissionamento USAF								
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
AFA	19.0%	17.8%	16.6%	15.8%	12.6%	7.3%	14.2%	
OTS	24.2%	21.5%	4.3%	0%	12.5%	14.3%	0%	
ROTC	26.7%	23.3%	18.7%	18.0%	16.2%	13.0%	22.0%	

Fonte: Adaptado pelo autor de HUSSEY, 2004.

Em setembro de 1996, um segundo T-3 caiu, quando o motor apagou em voo e sem condições de recuperação pelo instrutor matou os dois tripulantes.

Em maio de 1997, o General Lloyd W. Newton (Comandante do AETC), reportou ao General Ronal A. Fogelman (Chefe do gabinete da Força Aérea), que havia sido feito progresso na solução da pane com os motores dos T3; mas em 26 de junho de 1997, a academia experimentou um terceiro acidente fatal com aluno e instrutor após a parada de motor.

O Comando aéreo de ensino e treinamento parou toda a frota de T-3A em 25 de julho de 1997 e pediu nova junta para análise de todo o processo de monitoramento em voo.

Antes do término desta análise pelo Comando aéreo de ensino e treinamento, a inspetoria geral da força aérea foi convocada pelo secretário da força aérea o Sr. F. Whitten Peters para fazer um BAR – *Broad area review*<sup>13</sup>, sobrepujando a iniciativa do comando. Em 17 de março de 1998, o Inspetor Geral publicou seu relatório que fazia 48 recomendações de mudança no programa, inclusive complementar os ensaios em voo na base da força aérea em Edwards no Estado da Califórnia.

Algumas das recomendações foram:

- Terminar as modificações no sistema de combustível dos T-3, fazer a publicação de vários manuais de procedimentos;
- Realização da conversão dos instrutores militares da academia em civis contratados;
- pilotos do FAA e da empresa SAIC<sup>10</sup>, limitaram a operação dos T-3 a sortidas de uma hora em função do problema com o baixo nível de combustível remanescente nos tanques, mas esta atividade iria complicar a vida de instrutores e alunos, pois o voo típico de instrução era de 1.4 horas.

Os T-3A foram tirados da ativa em 8 de outubro de 1999, após os três acidentes fatais, como também se encerrou o EFS - *Enhanced Flight Screening*.

#### 3.4.2 Introductory Flight Training

O Comando aéreo de ensino e treinamento estava sem um programa de monitoramento em voo (*Flight Screening*) e o atrito voltava a subir na fase de instrução primária do agora chamado de *Joint Specialized Undergraduate Pilot Training* (Treinamento conjunto especializado de piloto), que, em 1999, atingiu 15.6% para os alunos sem experiência em voo.

\_

BAR – Broad area review – É uma investigação conduzida por uma equipe de profissionais que são indicados para analisar um problema e redigir um relatório com o intuito de fazer recomendações para mudanças nas praticas , procedimentos e operações melhorando o desempenho operacional e resolvendo o problema em questão.
SAIC – Scientific Applications International – Empresa contratada pela USAF para solucionar os problemas decorrentes

SAIC – Scientific Applications International – Empresa contratada pela USAF para solucionar os problemas decorre das panes dos motores dos T-3A Firefly.

Procurando um programa interino, o comando da aeronáutica sugeriu o uso de um programa similar ao FIP da AFROTC, operado por empresas civis contratadas e, assim, começou a implantação do então recém batizado IFT – *Introductory Flight Training* (Treinamento de introdução ao voo).

O modelo era inspirado no treinamento do ROTC, que utilizava escolas de voo particulares contratadas, e as aeronaves utilizadas eram em sua grande maioria *Cessnas* 150 ou o modelo 172, com instrutores certificados pelo FAA (Agência Civil de Aeronáutica), e ministrando a instrução de 40 horas similar ao curso de Piloto Privado. O custo da hora de voo era de US\$ 100, o que era considerado bem razoável.

A decisão sinalizou a mudança de um programa de monitoramento para um programa de treinamento de voo, que agora concederia um brevê de Piloto Privado ao seu término.

A Academia da Força Aérea Norte Americana (*Air Force Academy*), começou a operar com o IFT em outubro de 1998, seguido pelo AFROTC (Curso de oficiais da reserva) em meados de novembro, em um ano de operação, o IFT atendeu a 846 candidatos da ROTC e formou 495 destes, contra 663 cadetes da Academia que cumpriram o programa e apenas 470 se formaram. Curiosamente, o atrito nas 22 turmas que participaram do programa entre outubro de 1998 e setembro de 1999, foi de apenas 8.8% que eram favoráveis se comparados aos 7.8% do atrito dos alunos que voaram os T-3 e 11.3%, dos alunos que voaram o Cessna T-41. O atrito de alunos que não tinham experiência de voo previa, era de 15.6% (Tabela 3).

Tabela 3 – Número de atrito comparativo entre os programas IFT, EFS e FSP.

Números de atrito para o programa IFT - Introductory Flight Training				
Participantes do IFT	8.8%			
EFS com aeronaves T-3A	7.8%			
Participantes do FSP	11.3%			
Alunos sem experiência prévia de voo	15.6%			

Fonte: Adaptado pelo autor de HUSSEY, 2004.

Contente com os resultados do IFT, o Comando aéreo de ensino e treinamento (AETC) ainda não tinha respostas para o que fazer com os T-3.

O Diretor de operações do AETC, General William Welser III, recomendou a expansão do IFT de 40 para 50 horas de voo e fazer a carteira de piloto privado item obrigatório no programa. Se um aluno não realizasse voo solo nas 25 horas previstas e nem fosse fazer o voo de cheque com 50 horas, então, ele ou ela seriam desligados do programa.

Uma vez que a média para uma pessoa normal conseguir o brevê de Piloto Privado é de 70 a 80 horas, as 50 horas serviriam então de termômetro para se julgar o potencial do candidato em ter sucesso no SUPT. Sendo o voo de cheque a cargo do FAA, de certa maneira conferia uma padronização no treinamento, que não era presente no currículo das 40 horas.

Em 3 de janeiro de 2000, esta recomendação entrou em funcionamento e, assim, a licença de Piloto Privado era requisito para a entrada no programa JSUPT – *Joint Specialized Undergraduate Pilot Training*.

### 3.4.3 Academy Flight Screening

Oficiais da academia criaram um outro programa chamado de AFS (Academy Flight Screening – Monitoramento em voo da academia), que empregava o currículo já aprovado pelo Comando aéreo de ensino e treinamento para o IFT, no entanto, com um menor número de horas de voo, desta forma mais enxuto e barato e que atenderia a todos os cadetes da academia.

O AFS tinha 25 horas de voo, incluindo um voo de pré solo, voo de repasse para o cheque e voo de cheque final.

Embora o programa não formasse os alunos em Pilotos Privados, estes acreditavam que as 50 horas como estava arranjado o currículo do IFT, não faziam do programa mais eficiente e nem economicamente viável, pois havia a sobrecarga da escala de voo e a saturação do espaço aéreo local (da academia).

A aeronave escolhida para o treinamento pela *Embry Riddle University* (Empresa contratada para ministrar o IFT na academia da força aérea) foi o *Diamond* DA20-C1, um treinador especialmente modificado para atender aos requisitos do FAA (Fig. 26). A economia desse sistema seria da ordem de US\$ 1.2 milhões.



Figura 26 - Aeronave: *Diamond* D-20 Fonte: http://www.diamondaircraft.com

A intenção do IFT para o AFROTC era o de treinar seus pilotos para uma padronização com vistas à obtenção do brevê de Piloto Privado e, logicamente,

passar no cheque do FAA, a padronização dava condições de reprodutibilidade do processo país afora. O FIP não tinha condições de oferecer esta possibilidade, sem contar na falta de padrão de uma escola para outra. O IFT era um sistema padrão que foi implantado com o objetivo de ser provisório após a paralisação da frota dos T-3. O programa não estava falido, porém os membros do comando pensavam se não haveria uma maneira melhor de monitorar e preparar os candidatos para ingressarem no SUPT.

Com essa análise, a proposta do AFS (*Academy Flight Screening*) começou a ganhar notoriedade e popularidade junto ao pessoal do Quartel General da USAF, levando a sua aplicação nas três fontes de recrutamento.

## 3.4.4 Ajustando o IFT - Introductory Flight Training e a criação do IFS - Initial Flight Screening

Em 4 de dezembro de 2002, não havia passado muito da data do pedido da academia da força aérea para a aprovação da implantação do AFS, quando o General Stephen T. Sargent, Diretor de planos e programas, formou uma equipe multifuncional para analisar o processo do IFT, e determinar se seria possível adaptá-la à linha de pensamento do AFS, de forma que todos os candidatos pudessem receber a mesma instrução em ambientes similares.

Em 12 de maio de 2003, o AETC — Comando Aéreo de Ensino e Treinamento colocou no sítio da rede mundial de informática do *Federal Business Opportunities*, um anúncio para que as empresas com interesse em fornecer o treinamento, pudessem se cadastrar e mandar seus orçamentos baseados nos três cenários divisados pela equipe.

As três opções teriam 25 horas de voo de monitoramento, dimensionado para atender 1.000 alunos por ano. Muitas empresas responderam ao anúncio, indicando a preferência por apenas um local de treinamento para facilitar a padronização da instrução para todos os candidatos a piloto nos moldes do SUPT (menos os monitorados na Academia da Força Aérea).

As ideias dos membros da equipe e das empresas interessadas no fornecimento da instrução eram convergentes, tendo como justificativa que um programa de treinamento em um único local poderia oferecer condições rigorosas e equitativas para a preparação do aluno/candidato para o ambiente do SUPT.

O novo programa iria reduzir as horas, antecipando o voo solo por volta das 15 horas e o ponto do cheque final acontecendo quando o aluno tivesse em torno de 23 a 25 horas, estas poucas horas significavam que o aluno poderia completar o curso em semanas ao invés de meses, além de tudo, um único local para a instrução permitiria a USAF supervisionar o treinamento mais próximo e os instrutores seriam militares e não civis, ficando ao seu cargo a instrução e os voos de cheque.

Atualmente, a empresa Doss *Aviation* tem um contrato com a USAF para ministrar o programa de IFS - *Inicial flight screening*, que foi uma adaptação do antigo IFT.

O contrato com a empresa foi assinado em 1º de outubro de 2006 e a aeronave utilizada é o confiável *Diamond* DA-20, na base da Doss *Aviation* na cidade de *Pueblo* – Colorado.

O programa do IFS é de 14 sortidas, totalizando 18 horas de voo, durante as quatro semanas e meia de instrução.

#### O currículo inclui:

- Controle básico da aeronave;
- Procedimentos normais e de pouso;
- Reconhecimento do estol e recuperação;
- Navegação básica.

Com o começo do IFS em *Pueblo*, terminou o programa de monitoramento em voo da academia, uma vez que não se necessitava mais deste. Os cadetes ao entrar no agora UFT – *Undergraduate flight training* são deslocados para *Pueblo* para fazer o IFS. Um buraco foi deixado na academia com o término do seu programa

de monitoramento. A academia conta com três programas para os cadetes que são:

- Voo à vela;
- Para-quedismo;
- Voo motorizado (representado pelo programa de monitoramento).

Com a falta de um programa próprio de monitoramento em voo, os instrutores da academia propuseram um programa que não seria um monitoramento, mas um retorno àqueles currículos antigos de introdução ou apresentação da técnica do voo, chamado de PFP - *Powered Flight Program*. O novo PFP vem sendo implantado em três fases:

- 1 De janeiro a setembro de 2008, que incluiu uma pequena quantidade de cadetes, utilizando uma combinação de aviões da USAF e dos aeroclubes para a instrução, porém sob o comando do grupo aéreo de treinamento 306 da 19ª Força Aérea, baseado na academia;
- 2 Nesta segunda etapa, que está acontecendo agora, há um contrato com a empresa Doss Aviation, que cuida da manutenção e instrução em voo e que emprega uma frota de 20 Diamond DA40, modelo originado dos DA20 com mais motor e dois lugares extras para passageiros;
- 3 Esta fase começará em 2012/2013 com a aquisição de aeronaves próprias da força aérea. O plano é o aumento do número de alunos que atenderão ao programa.

# 3.5 ISD – *Instructional System Development*: A Doutrina Oficial de Treinamento da Força Aérea Norte-americana (USAF)

Em uso, desde 1965, pela USAF, este documento passou por diversas versões e continua em evolução. Está baseada em princípios da engenharia de sistemas, psicologia cognitiva e tecnologia utilizada na instrução.

É política da Força Aérea Norte Americana (USAF), utilizar o processo do ISD para o desenvolvimento de qualquer tipo de instrução, através do documento AFPD 36-22 e publicado no manual AFMAN 36-2234, que fornece informações sobre os conceitos, princípios e procedimentos do ISD, com desdobramentos para casos específicos em vários volumes do manual AFH 36-2235, cada qual enfocando ferramentas ou treinamentos dirigidos, por exemplo, para pessoal de terra ou pilotos.

O manual 36-224, define o ISD como: "Um processo intencional e ordenado, porém flexível para o planejamento, implantação e gerenciamento do sistema de instrução".

O objetivo do ISD é aumentar a efetividade do treinamento e dos custos baseando o treinamento no desempenho das tarefas, eliminando habilidades e lições irrelevantes do processo, além de garantir que os alunos absorvam as habilidades necessárias, o conhecimento e desenvolva as atitudes pertinentes ao trabalho fim. O ISD enfatiza, ainda, o desenvolvimento dos meios de treinamento, o que garante a capacidade de transferência do processo. Este sistema é baseado nos princípios da gerência industrial datados dos anos 1950.

Inicialmente, no sistema original da Força Aérea, era descrito por cinco fases, como na Figura 27 a seguir.

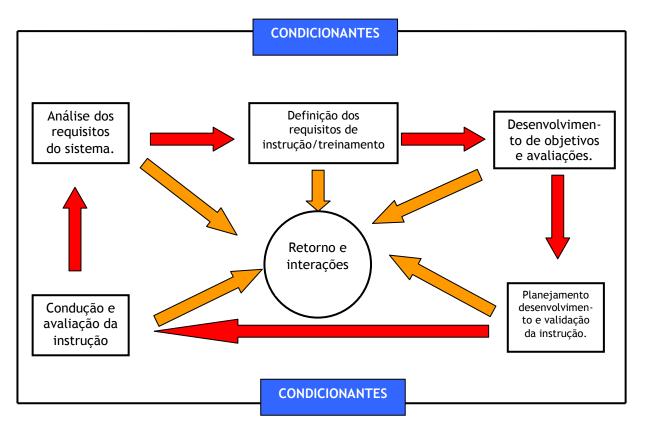


Figura 27 – Fluxograma do ISD – *Instrucional System Development*. Fonte: Adaptado pelo autor de HAYS, 2002.

- (1) Análise dos requisitos do sistema Nesta etapa, faz-se uma análise passo a passo do comportamento humano necessário para cumprir uma determinada tarefa. Estes requisitos são estabelecidos para satisfazer as necessidades dos usuários finais ou consumidores. No contexto de treinamento de pilotos, os clientes são os comandos operacionais que receberão os pilotos formados. O produto desta tarefa é uma lista detalhada de tarefas exigidas ou necessárias.
- (2) Definição das exigências para o treinamento e instrução Este passo determina quem será treinado e qual o treinamento é necessário para que o aluno desempenhe as tarefas descritas na lista do passo número 1 (item anterior).
- (3) Desenvolvimento de objetivos e avaliações Desenvolvimento de quais tarefas o aluno deve fazer e estabelecer um padrão de desempenho esperado. Os alunos devem ser avaliados segundo um critério

específico ao invés de fazer comparação do desempenho dos alunos coletivamente.

- (4) Planejamento, desenvolvimento e validação da instrução Este passo determina a sequência ideal de instrução, os melhores meios e métodos para ajudar no aprendizado. O processo de validação é geralmente realizado, utilizando-se um pequeno grupo de alunos (grupo de controle), para se determinar se o programa consegue fazê-los alcançar determinado objetivo.
- (5) Condução e avaliação da instrução Este último passo fornece um gabarito necessário com um intuito de analisar, manter e melhorar a eficácia do programa de treinamento. Isto torna o sistema mais flexível a mudanças de acordo com as necessidades do usuário final.

A USAF foi uma das primeiras instituições a colocar o conceito do ISD em prática. No auge da guerra fria, estes princípios foram utilizados para treinar operadores dos mísseis balísticos.

Coincidentemente, com o aparecimento da doutrina do ISD, a força aérea estava implantando o programa *ALL JET*, que utilizava um programa generalizado de instrução baseado no jato de treinamento fabricado pela Cessna (T-37 *Tweet*), que ficou mais de três décadas em operação, mas que colidia com alguns princípios do ISD.

A tensão era devida ao fato de que todos os alunos, independente da habilitação escolhida, teriam o mesmo treinamento, utilizando a mesma plataforma. Esta conduta contraria o princípio de que o treinamento deveria ser ajustado com o tipo de tarefas a serem executadas e os conhecimentos desnecessários seriam eliminados.

Alguns tipos de voo como é o acrobático e voo em formação de quatro aeronaves de pouco servirão para os alunos destacados para a aviação de transporte ou reabastecimento.

Os princípios do ISD são congruentes com os princípios da qualidade total. Atualmente, o processo do ISD é a adaptação dos princípios da engenharia de sistemas para o desenvolvimento, implantação e avaliação da instrução. O ISD resulta em uma solução alternativa para os problemas de instrução que podem ser mais ou menos eficientes em termos de custo, dependendo das necessidades da instrução e das condicionantes do ambiente de instrução. A visão da engenharia de sistemas, que envolve a escolha entre soluções alternativas é o que produz o melhor resultado efetivo.

O modelo atual do ISD possui três partes distintas e relacionadas: funções do sistema; fases do ISD; e melhoria da qualidade.

A Fig. 28, a seguir, mostra as funções básicas em um nível superior do sistema, do qual fazem parte a gerência do sistema de treinamento, o apoio, a administração, a execução e a avaliação, que é mostrada como central por ser um processo constante.

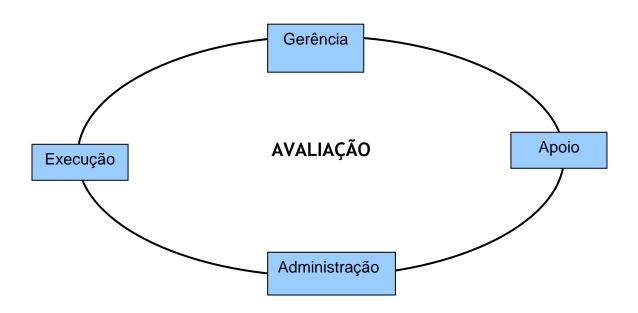


Figura 28 – Funções do Sistema do Modelo do ISD. Fonte: Adaptado pelo autor de HAYS, 2002.

- 1- As funções do sistema são definidas como:
  - Gerência Dirigir e controlar o sistema de instrução e as operações;
  - Apoio A função é a de manter todas as partes do sistema;
  - Administração Processar o dia a dia e arquivar as informações;
  - Execução Levar a instrução até os alunos;
  - Avaliação Coletar informações de retorno de avaliações.

#### 2- As fases do ISD são:

- Analisar e Determinar qual a instrução necessária;
- Criar e Conceber os treinamentos para suprir as necessidades;
- **Desenvolver** materiais didáticos para dar apoio aos requisitos;
- **Implementar** o sistema de ensino.

NOTA: A avaliação é tarefa central e constante no processo.

3- Modelo total do sistema com a integração da melhoria da qualidade, é o terceiro componente. A melhoria da qualidade é a contínua e organizada criação de mudanças benéficas no sistema de ensino. O objetivo da melhoria da qualidade QI (*Quality Improvement*) é o de adotar melhorias contínuas tanto no processo do IDS quanto ao produto do processo. (Fig. 29).

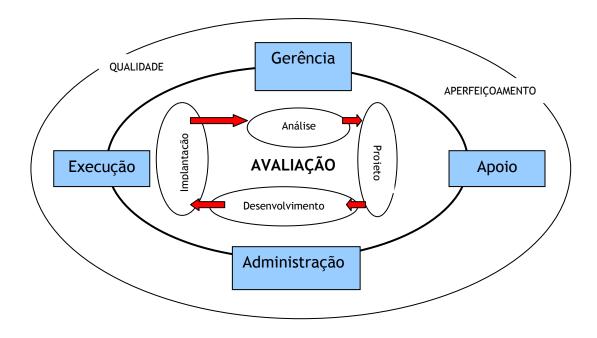


Figura 29 – Funções do Sistema do Modelo do ISD, com inclusão da melhoria da qualidade. Fonte: Adaptado pelo autor de HAYS, 2002.

# 3.6 Pesquisa com Instrutores e Especialistas em Manutenção da Academia da Força Aérea (AFA)

Uma das grandes dificuldades encontradas durante esta pesquisa foi a falta de bibliografia na área de aeronaves de treinamento, sistemas e suas metodologias no âmbito nacional, sempre que o autor lia e encontrava uma solução adotada por alguma força aérea, pairava a dúvida em relação à relativa compatibilidade com nosso sistema e as opiniões dos profissionais envolvidos com a tarefa no dia a dia.

Levando-se este fato em conta, foi realizado e efetivado um contato com o comando da Academia da Força Aérea, localizada na cidade de Pirassununga interior do Estado de São Paulo, distante 250 km da capital, que após apresentação formal do objetivo da pesquisa, autorizou a visita do autor, colocando à sua disposição o quadro de instrutores, para que respondessem a um questionário.

O objetivo da pesquisa foi o de constatar entre a comunidade de instrução militar da força aérea de nosso país, suas impressões sobre a atual situação e futuras proposições apontadas no estudo até então.

Foi importante averiguar o conhecimento sobre outras escolas de treinamento, principalmente, a norte-americana, além de vocabulários e problemas decorrentes do uso das atuais aeronaves T-25C.

Foram preparados quatro tipos de questionários:

- Questionário P1 Foco principal do estudo, a ser aplicado aos instrutores do 2º esquadrão de instrução, operadores do Neiva T-25;
- Questionário P2 um único P2 a ser respondido pelo comandante do 2º esquadrão;
- Questionário P3 para os instrutores do 1º esquadrão (treinamento avançado operadores dos Embraer 312- T-27 Tucano);
- Questionário P4 para os sargentos responsáveis pela manutenção.

Cada tipo de questionário tinha objetivos específicos:

- P1 Conhecer o perfil do instrutor do 2º esquadrão, seu conhecimento de outros sistemas de treinamento, sua opinião sobre a unificação dos currículos civil e militar, suas impressões sobre o T-25 (pontos positivos e negativos), ponderação sobre algumas características de uma aeronave de treinamento e, finalmente, a sua avaliação sobre o uso de uma aeronave mais leve e do sistema de monitoramento em voo, como forma de redução de custos e diminuição do número de atrito.
- P2 Além das questões contidas no P1, saber qual o número de atrito e problemas relativos à instrução e as causas mais comuns dos desligamentos.
- P3 Foi usado a mesma base do P1, porém algumas perguntas modificadas tinham como objetivo descobrir os gargalos da transição do T-25 para o T-27 e a eventual possibilidade de se fazer o curso básico e avançado, utilizando um só vetor, no caso o T-27.

 P4 - Formulário totalmente específico, criado para apurar os tipos de panes mais comuns nos T-25 e implicações na adoção de uma aeronave de construção mista compósito/metálico.

Os resultados foram muito esclarecedores e serão tratados separadamente por tipo de questionário, pois, desta forma, os problemas e apontamentos ficarão atrelados à experiência de um esquadrão ou grupo, o que facilita ao olhar do autor e sua interpretação.



Figura 30 – Instrutores do 1º e 2º Esquadrão de Instrução, respondendo aos questionários. Fonte: arquivo do autor.

### 3.6.1 Resultados dos questionários do 2º EIA

No 2º EIA (esquadrão de instrução aérea), foram respondidos 10 questionários, dos 10 pilotos, sendo cinco deles da aviação de transporte, dois da aviação de asas rotativas, dois da aviação de patrulha e um aviador naval. Os nove eram primeiros Tenentes e um Capitão Tenente Aviador pertencente à Marinha do Brasil. A média de horas totais de voo do grupo é de 1561horas, sendo a média de hora de instrução por indivíduo de 584 horas.

Do total apenas um aviador (Capitão Tenente – Marinha do Brasil) não obteve instrução em T-25 (básica) e T-27 (avançada), tendo voado 30 horas em Cessna 172 (instrução primária), 140 horas em instrução básica nos *Beechcraft* T-34C – Turbo Mentor e 60 horas de instrução avançada em Aeronaves Xavante MC-32. Este oficial também recebeu instrução em aparelhos de asa rotativa (helicópteros),

sendo 60 horas em Esquilo monoturbina (UH-12); 20 horas em Esquilo biturbina UH-13; e 20 horas em TH6B – *Bell Jetranger* III.

Como pontos positivos da aeronave T-25 Universal, foram ressaltados robustez e facilidade de pilotagem com três ocorrências cada e confiabilidade, bom desempenho, assentos lado a lado e aeronave considerada boa para voo básico, com uma ocorrência apenas. Nos aspectos negativos, cinco pilotos consideraram o T-25 uma aeronave velha, outras ocorrências foram aeronave muito pesada, pouca razão de subida, restrição de equipamentos para voos IFR, ergonomia insatisfatória, frequência de inspeções, aviônica antiga e baixo teto operacional, todos estes com apenas uma citação para cada.

Nos aspectos positivos do T-27 Tucano, foram observadas três ocorrências para desempenho, duas ocorrências para recursos IFR e confiabilidade e uma ocorrência para manobrabilidade, rapidez e presença de assentos ejetáveis. Nos aspectos negativos foram observadas duas ocorrências para instrumentos antigos (aviônica), complexidade de sistemas e uma ocorrência para nacele apertada e idade da aeronave.

Nove dos instrutores haviam pilotado o T-25 como piloto em comando em instrução, um o T-27, um o AB-180 *Aeroboero* e um instrutor pilotou o T-23 Uirapuru.

Nove dos dez instrutores acreditam que o vetor de instrução tem influência na qualidade e nível do piloto formado. Com relação aos conhecimentos de sistemas de instrução estrangeiros, oito dos entrevistados não possuíam nenhum, um deixou a resposta em branco e apenas o Capitão Tenente da Marinha por ter sido formado na Argentina, conhecia seu sistema.

Nove dos instrutores desconhecem o sistema de instrução norte-americano JSUPT e apenas um entrevistado ouviu falar no sistema de *Flight Screening*, Monitoramento em Voo.

Com relação a uma possível unificação dos currículos de instrução civil e militar, oito dos entrevistados não acreditam na possibilidade, três alegaram como justificativa, que na instrução civil, voos em formação são desnecessários, dois instrutores concordaram que manobras acrobáticas também não são necessárias no currículo civil e houve uma justificativa para a necessidade do cadete militar solar com 14 horas, uma para pressão no voo militar e uma para a doutrina militar no voo. Um dos dois entrevistados que concordaram com a unificação alegou a necessidade de mudança na política organizacional e o outro concordava com a unificação desde que fosse à fase primário/básica do voo.

Dos dez entrevistados, oito acham que o T-25 não é uma aeronave adequada para instrução para os próximos dez anos em função das mudanças na aviônica ocorrida na década passada. Dos dois entrevistados que consideram que o T-25 é uma aeronave adequada, um respondeu que a instrução básica é focada no voo visual e o outro que desconsiderando a aviônica e considerando a aeronave em si, ele acredita que seja uma aeronave adequada.

Quando perguntados sobre mudanças para atualizar o T-25, seis ocorrências sinalizaram a substituição dos instrumentos de navegação por outros mais confiáveis, quatro indivíduos escreveram que reduziriam o peso da aeronave, dois só acreditam na total substituição do T-25, um colocaria um motor mais potente, um modernizaria o interior e um colocaria para-quedas balístico.

Dos dez entrevistados, quatro não pilotaram aeronaves mais leves do que o T-25, quatro tinham experiência com planadores ou motoplanadores (Ximango), três tinham alguma experiência em aeronaves leves (Cessna 172, Aeroboero e Aerotec T-23 Uirapuru), sendo uma ocorrência para cada aeronave. Um dos instrutores tinha experiência em aeronave agrícola (Ipanema) que na AFA é utilizado para reboque de planadores. Uma ocorrência para aeronaves de asa rotativa, considerando o Helibrás / Eurocopter Esquilo UH-50 como aeronave leve.

Quando arguidos sobre dificuldades encontradas pelos cadetes com relação à aeronave (T-25), seis ocorrências sinalizaram para o desempenho, uma ocorrência para os seguintes pontos (Tabela 4):

Tabela 4 – Dificuldades encontradas entre os cadetes em relação ao T-25. Dados apontados na pesquisa com os instrutores do 2º EIA

Dificuldades encontradas entre os cadetes com relação ao T-25 (2º EIA)	Ocorrências
Carga de trabalho muito grande para o aluno	1
Desempenho	6
Envelope de voo	1
Equipamentos antigos	1
Ergonomia da cabine de comando	1
Falta de simuladores do T-25	1
Tempo para chegar à área de instrução	1
Tempo de instrução restrito devido a pouca velocidade a aeronave	1

Na sua totalidade, os instrutores foram favoráveis a uma possível aeronave leve e de baixo consumo, com capacidade acrobática total para ser utilizada como aeronave para as fases de instrução, primário/básica (programa de introdução ou monitoramento em voo).

Nove dos entrevistados já conheciam o projeto nacional da empresa *Novaer Craft* de São José dos Campos, batizada de TX-C Peregrino.

A questão de número 16 traz ao conhecimento dos entrevistados uma suposta divisão do sistema de instrução em: **Homem**, **Máquina** e **Método** e pedia para que os instrutores citassem até três destes problemas por elemento da divisão.

Os problemas em relação ao Homem citados estão, a seguir, na Tabela 5.

Tabela 5 – Problemas em relação ao Homem. Dados apontados na pesquisa com os instrutores do 2º EIA.

Problemas com relação ao Homem (2º EIA)	Ocorrências
Cansaço	1
Comunicação	1
Conhecimento da máquina	1
Capacidade de transmissão do conhecimento pelo instrutor	1
Desgaste	1
Diferentes técnicas de voo	1
Dificuldade de aprendizado	1
Esgotamento físico e mental	1
Falta de empatia com a atividade	1
Falta de reconhecimento do trabalho de instrução	1
Fatores externos: falta de apoio familiar	1
Habilidade psicomotora	1
Parcialidade na avaliação	1
Personalidade	1
Poucos homens e muito trabalho	1
Preparação teórica para o voo	1
Resistência a mudanças	1

Para a parte da **Máquina** foram listados os problemas, na Tabela 6 abaixo:

Tabela 6 – Problemas em relação à Máquina. Dados apontados na pesquisa com os instrutores do 2º EIA.

Problemas com relação máquina (2º EIA)	Ocorrências
Complexidade	1
Complexidade de manutenção	1
Consumo	1
Custo de manutenção	1
Desempenho	1
Dificuldade de uso	1
Ergonomia	1
Idade do equipamento	2
Instrumentos muito básicos	1
Limitações aerodinâmicas	1
Limitação estrutural	1
Limitações de GMP (Grupo Moto Propulsor)	1
Obsolescência	1
Rigidez da aeronave	1
Tempo de vida	1
Vida útil reduzida	1

Para o Método foram atribuídos os seguintes problemas, conforme Tabela 7:

Tabela 7 – Problemas com relação ao Método, dados apontados na pesquisa com os instrutores do 2º EIA.

Problemas com relação ao método (2º EIA)	Ocorrências
Falta de padronização	1
Falta de comunicação	1
Limitações impostas ao método pela aeronave	1
Necessidade de melhor seleção dos candidatos	1
Necessidade de mudança da doutrina de instrução	1
O programa deveria ser revisto	1
Poucas alterações no decorrer do tempo	2
Poucas horas para o aluno	1
Rápida evolução	2
Seletivo	1
Sistema semelhante para alunos diferentes	1
Sistema ultrapassado	1
Superficial por vezes	1

Na questão de número 17, foi pedido aos instrutores que atribuíssem notas de 1 a 5 ,sendo 1 de pouca importância e 5 para máxima importância em alguns quesitos selecionados. O máximo de pontos para cada item seria de 50 pontos, caso se considere dez indivíduos desta forma, estão listados abaixo (Tabela 8) por ordem de importância segundo as análises dos instrutores, os itens:

Tabela 8 – Itens considerados importantes para uma aeronave de treinamento. Dados apontados na pesquisa com os instrutores do 2º EIA.

Itens considerados importantes para uma aeronave de treinamento – total de 50 pontos. (2º EIA)	Pontos
Capacidade de voo por instrumento (IFR)	48
Ar condicionado	44
Coluna de comando tipo bastão	42
Para-quedas balístico	41
Aeronave de asa baixa	41
Disposição dos assentos lado a lado	41
Configuração de motor/ hélice tratora	36
Trem de pouso retrátil	34
Hélice de passo ajustável	32
Aeronave de estrutura metálica	27
Configuração de motor/ hélice <i>Pusher</i>	16
Disposição de assentos em <i>Tandem</i>	15
Coluna de comando tipo: Yoke (direção)	14

Dos dez entrevistados, sete deixaram a questão relativa à adoção do sistema de *Flight Screening* em branco, um respondeu negativamente alegando a quantidade de candidatos a serem selecionados e um respondeu positivamente à adoção justificando a melhoria no rendimento da instrução. Apenas após o término da pesquisa é que em um bate papo informal os instrutores foram apresentados ao conceito de monitoramento em voo; desta forma, este deve ter sido o fator de tantas respostas em branco, a falta de conhecimento, talvez não da abordagem, mas sim da expressão.

Quando solicitados para opinar sobre um possível substituto para os T-25: quatro instrutores indicaram o *Grob* 180; quatro deixaram a questão em branco; dois sugeriram o TX-C Peregrino; e um o K-51 projeto do Sr. Kovács.

Por último, perguntou-se aos entrevistados quais as ações que poderiam ser feitas para diminuir o número de atrito nas fases iniciais do voo, as respostas poderiam ter uma ou mais soluções. As ações sugeridas estão elencadas na Tabela 9 abaixo.

Tabela 9 – Ações para diminuição do Atrito nas fases iniciais do voo. Dados apontados na pesquisa com os instrutores do 2º EIA.

Ações para diminuição do Atrito nas fases iniciais do voo (2º EIA)	Ocorrências
Diminuição do número de alunos	1
Maior tempo de instrução teórica e prática	1
Maior preparo cultural e psicomotor	1
Melhor seleção dos alunos	2
TAPMIL	3
Teste de aptidão de pilotagem	2
Uso de simuladores	1

Todos os entrevistados preferiram não colocar alguma espécie de observação ou comentário em espaço reservado para esta finalidade no final dos questionários.

### 3.6.2 Resultados dos questionários do 1º EIA

No primeiro esquadrão, foram respondidos doze questionários, do total de pilotos instrutores, seis eram da aviação de transporte, quatro eram da aviação de caça e um era da aviação de patrulha. Um dos aviadores pertencia a ambas (transporte e patrulha). Todos eram primeiros tenentes aviadores.

No total, o grupo somava 17.450 horas de voo, tendo média de 1.600 horas por piloto. O grupo possuía um total de 9.060 horas de instrução, resultando em média de 824 horas por piloto.

Na questão sobre pontos positivos do T-25, os instrutores do 1º EIA responderam com cinco ocorrências para a posição dos assentos lado a lado, três ocorrências

para facilidade de pilotagem, robustez e manobrabilidade, e uma ocorrência para baixa velocidade, capacidade acrobática, baixa velocidade de estol e simplicidade. Como pontos negativos foram destacados com cinco ocorrências aviônicos e instrumentos de voo obsoletos, e uma ocorrência para baixo desempenho, pequena razão de subida, baixa relação de peso/potência, projeto antigo e pouca confiabilidade em voo por instrumentos (IFR).

Quando perguntados sobre pontos positivos do T-27 Tucano, houve três ocorrências para facilidade de pilotagem, duas para desempenho e uma ocorrência para manobrabilidade, bons recursos de navegação, capacidade acrobática, versatilidade e simplicidade. No quesito aspectos negativos, oito dos onze instrutores apontaram a aviônica obsoleta como principal aspecto negativo e um entrevistado respondeu o alto custo de manutenção.

Quando os respondentes foram abordados sobre quais aeronaves de treinamento primário/básico haviam voado como piloto em comando, curiosamente sete deles responderam além dos T-25 o T-27 – que não é uma aeronave primário/básica e sim avançada, além de outras aeronaves citadas como planadores e até o ALX Embraer AT-29 e o Xavante AT-26, aeronaves utilizadas como treinadores avançados e de conversão para a vida operacional nos esquadrões de caça. Foi citado também o Aeroboero AB-180 e os planadores *Blanik, Super Blanik* e *Duo Discos*.

Todos os instrutores do segundo esquadrão acreditam que o vetor de treinamento tem influência na qualidade de instrução e no nível do profissional formado.

Similarmente ao 1º Esquadrão, nenhum dos instrutores tinha conhecimento sobre o sistema de instrução dos Estados Unidos e apenas um dos entrevistados conhecia o termo *Flight Screening* (monitoramento em voo).

Na questão número nove, diferente do questionário P1, foi perguntado das dificuldades com relação à transição do T-25 para o T-27 e as respostas foram as seguintes: cinco ocorrências para a diferença na velocidade das duas aeronaves, três ocorrências para a dificuldade no voo por instrumentos e duas, para a

dificuldade no gerenciamento dos recursos da aeronave. Os resultados estão na Tabela 10, a seguir:

Tabela 10 – Dificuldades na transição do T-25 para o T-27. Dados apontados na pesquisa com os instrutores do 1º EIA.

Dificuldades na transição do T-25 para o T-27 (1º EIA)	Ocorrências
Diferença na velocidade das duas aeronaves	5
Dificuldade na coordenação do tráfego	1
Dificuldade na tomada de decisão em função da velocidade	1
Dificuldade no gerenciamento dos recursos da aeronave	2
Dificuldade no voo por instrumentos	3
Falta de voo no terceiro ano da academia <sup>14</sup>	1
Fraseologia no voo em rota	1
Lentidão na execução de procedimentos para o pouso em função da maior velocidade	1
Maior complexidade das missões no T-27	1
Uso de máscara de oxigênio	1

Observa-se que muitos dos fatores apontados estão ligados à diferença de velocidade e à carga de trabalho por ser o T-27 uma aeronave com uma quantidade maior de sistemas a serem gerenciados.

Quando perguntados sobre dificuldades no treinamento operacional nas aviações de transporte e patrulha, relacionadas ao porte da aeronave de instrução, sete dos entrevistados responderam que não, três desconheciam o fato em virtude de pertencerem a outras habilitações e um piloto de caça respondeu que na caça ou na aviação de transporte a diferença não é do porte, mas sim de novas tecnologias embarcadas, muito embora este não tenha sido o foco da questão, resolveu-se citar a resposta por ser significativa.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup> Na Academia daForça Aérea Brasileira, os cadetes voam em duas ocasiões: A fase da instrução primária/básica quando cursando o 2º ano e na fase avançada no 4º ano, portanto, os cadetes ficam ser desempenhar atividades de voo por todo o 3º ano.

Sete dos entrevistados **não** acreditam que o treinamento possa ser realizado todo, utilizando o T-27 em função de alguns fatores (Tabela 11):

Tabela 11 – Fatores que impossibilitariam a execução da instrução de voo totalmente feita, utilizando-se os T-27. Dados apontados na pesquisa com os instrutores do 1º EIA.

Fatores que impossibilitariam a execução da instrução de voo totalmente feita utilizando-se os T-27 (1º EIA)	Ocorrências
Pequena quantidade de aeronaves disponíveis	2
O T-27 é uma aeronave mais rápida e o pré-solo poderia ser feito em uma aeronave mais lenta	2
O T-25 é uma aeronave mais robusta	1
O T-25 permite mais erros por parte do aluno	1

A resposta sinalizando a possibilidade de o treinamento ser todo realizado no T-27, justifica-se pelos seguintes fatores:

- O aluno realiza as mesmas fases nas duas aeronaves (uma ocorrência);
- Apesar de avançado o T-27, possui boas características de voo (duas ocorrências);
- Já se fez um teste no passado e as dificuldades observadas foram mínimas, no entanto, a disposição lado a lado dos assentos facilita muito a instrução (uma ocorrência).

Analogamente, à questão número 16 do questionário P1, a questão 12 do questionário P3 trazia ao conhecimento dos entrevistados uma suposta divisão do sistema de instrução em: Homem, Máquina e Método e pedia para que os instrutores citassem até três destes problemas por elemento da divisão.

Os problemas com relação ao Homem citados foram:

Tabela 12 – Problemas em relação ao Homem . Dados apontados na pesquisa com os instrutores do 1º EIA.

Problemas com relação ao Homem (1º EIA)	Ocorrências
Adaptação à atividade aérea	1
Cansaço e tensão devido a jornada de trabalho	5
Desmotivação por falta de reconhecimento e gratificação	2
Erros humanos e falta de padronização	1
Fatores psicológicos	1
Os instrutores serem obrigados a retornar para a AFA para dar instrução	1
Pequena quantidade de instrutores	1
Problemas familiares	1
Pressão do voo familiar	1
Subjetividade (falta de objetividade do homem)	1

## Para a parte da **Máquina** foram listados os problemas:

Tabela 13 – Problemas em relação á Máquina. Dados apontados na pesquisa com os instrutores do 1º EIA.

Problemas com relação à máquina (1º EIA)	Ocorrências
Custo operacional	1
Desempenho	1
Idade das aeronaves : dificuldades na manutenção, aviônica ultrapassada e dificuldade de logística	10
Pequena quantidade de aeronaves	1
Peças de reposição	1
Segurança	1

Para o **Método** foram atribuídos os seguintes problemas:

Tabela 14 – Problemas em relação ao Método. Dados apontados na pesquisa com os instrutores do 1º EIA.

Problemas com relação ao método (1º EIA)	Ocorrências
Curso pouco específico para a aviação de destino	1
Exclusão de matérias técnicas em detrimento de matérias de caráter administrativo	1
Grande quantidade de voos mecaniza o método	1
Método pouco eficiente	1
Planejamentos deficientes	1
Pouca atenção no treinamento em simuladores	1
Poucas horas para a fase de navegação	1
Poucas modificações em décadas de treinamento	2

Com relação ao T-25 ser uma aeronave ideal para a instrução primário/básica da academia, sete instrutores opinaram desfavoravelmente, alegando vários motivos, entre eles:

Tabela 15 – Opiniões desfavoráveis para a afirmação de o T-25 ser uma aeronave ideal para a instrução. Dados apontados na pesquisa com os instrutores do 1º EIA.

Opiniões desfavoráveis para a afirmação de o T-25 ser uma aeronave ideal para a instrução (1º EIA)	Ocorrências
Custo operacional	1
Desperdício de dinheiro, o Tucano seria capaz de executar a mesma missão bastando rever o plano de missões	1
Em função da aviônica antiga e logística	2
Motor de baixo rendimento. Trem fixo seria ideal para a instrução	1

Dos quatro instrutores que foram favoráveis à afirmação do T-25 ser uma aeronave ideal para o treinamento primário/básico, um alegou que o seu desempenho é bom

para a missão, outro que a aeronave é boa, mas o custo de manutenção é alto e dois instrutores restantes não justificaram o por quê.

### 3.6.3 Resultados do questionário respondido pelo comandante do 2º EIA

O comandante do 2º esquadrão de instrução é um major aviador com 4.800 horas de voo, sendo 2.800 em instrução, é oriundo da aviação de caça. Utilizou-se dos mesmos vetores (T-25 e T-27) em sua formação como oficial aviador. Entre aspectos positivos do T-25, citou os assentos lado a lado e como aspecto negativo o baixo rendimento devido ao peso; para o T-27, evidenciou o desempenho como positivo e a grande quantidade de panes de comunicação como negativo. Sob seu comando, estão vinte e dois instrutores que, no ano de 2010, passarão a ser em número de vinte e nove componentes.

As maiores queixas dos instrutores com relação à aeronave de treinamento vem do seu baixo rendimento e comunicações (T-25), e com relação aos cadetes da falta de preparo, mesmo não sendo muito comum.

A média de atrito é de 30% nos últimos dois anos 2008/2009, estes desligamentos ocorrem por diversos motivos entre eles:

- Baixa capacidade psicomotora;
- Capacidade de realização de múltiplas tarefas;
- Capacidade de observação e retenção de informações visuais.

Quando indagado sobre acreditar na influência do vetor de treinamento na qualidade da instrução e no nível do piloto formado o major se mostrou totalmente crente na afirmação.

O major citou conhecimento do método de instrução da Força Aérea Portuguesa, porém não estava familiarizado com o sistema norte-americano e não conhecia o termo *Flight Screening*. O comandante do 2º esquadrão acredita que a melhoria na

seleção inicial dos cadetes poderia ser uma forma da diminuição do atrito dos candidatos a piloto.

Ainda sobre o T-25, acredita que não é mais uma aeronave adequada para a instrução para os próximos dez anos por ter aviônica ultrapassada e o baixo rendimento em função da pobre aerodinâmica e alto peso. Fatores que o comandante dos instrutores modificaria no T-25 para torná-lo adequado seria a substituição da aviônica, troca da hélice para uma hélice tripá de melhor rendimento e diminuição do peso.

O major citou experiência de voo em aeronaves leves, tendo voado o Paulistinha, e acredita que uma aeronave leve e totalmente acrobática poderia ser utilizada para o treinamento primário/básico dos cadetes. Possui conhecimento da aeronave TX-C Peregrino e acredita ser um possível avião candidato a substituto, por ter bom desempenho, aviônica atualizada, capacidade de gravação de dados em gravador interno para detalhar a missão, além da compatibilidade com simulador tridimensional.

Dos problemas do Homem, Máquina e Método, estas foram suas respostas:

Tabela 16 – Problemas relacionados ao homem. Dados apontados na pesquisa com o comandante do 2º EIA.

Problemas relacionados ao homem apontados pelo comandante do 2º EIA	Ocorrências
Atenção difusa e baixa retenção de informações visuais	-
Baixa capacidade psicomotora	-
Dificuldade de realizar múltiplas tarefas (raciocínio e processamento de informações)	-

Tabela 17 – Problemas relacionados à Máquina. Dados apontados na pesquisa com o comandante do 2º EIA.

Problemas relacionados à máquina apontados pelo comandante do 2º EIA	Ocorrências
Apesar de excelente motorização o peso e aerodinâmica são inadequados	-
Aviônica obsoleta – comunicação e navegação deficientes	-
Sistema de alimentação de combustível é suscetível a erros e esquecimentos	-

Obs.: Não houve sugestão de problemas para o **Método**.

Considerou-se as notas de um a cinco para os itens de A a M, desta maneira distribuídos.

Não houve resposta na questão 22, em que perguntava se o Major acreditava em um programa de *flight screening* para nossa força aérea, possivelmente pela falta de reconhecimento do termo estrangeiro.

Tabela 18 – Itens considerados importantes para uma aeronave de treinamento. Dados apontados na entrevista com o comandante do 2º EIA.

Itens considerados importantes para uma aeronave de treinamento – de 1 a 5, sendo 5 maior importância.  ( Comandante do 2º EIA)	Pontos
Capacidade de voo por instrumento (IFR)	5
Ar condicionado	5
Coluna de comando tipo bastão	5
Para-quedas balístico	2
Aeronave de asa baixa	5
Disposição dos assentos lado a lado	5
Configuração de motor/ hélice tratora	5
Trem de pouso retrátil	5
Hélice de passo ajustável	5
Aeronave de estrutura metálica	3
Configuração de motor/ hélice <i>Pusher</i>	3
Disposição de assentos em <i>Tandem</i>	5
Coluna de comando tipo: Yoke (direção)	1

Na questão subsequente 23, a resposta para uma aeronave nacional ou estrangeira passível de ser o substituto para os T-25, a resposta foi o PX-C Peregrino, devido às boas características de desempenho e aviônica atualizada, inclusive com capacidade de gravação de dados de voo para a alimentação de um banco de dados, para análise no *debriefing* e a compatibilidade com o simulador de voo.

### 3.6.4 Resultados dos questionários dos Sargentos Especialistas

No total foram entrevistadas quatorze pessoas, sendo treze sargentos e um cabo, todos especialistas em manutenção de aeronaves. Desses quatorze, dez são mecânicos de aeronaves, três são especialistas em elétrica e instrumentos e um especialista em estrutura e pintura.

Todos trabalham na manutenção dos Neiva T-25 e conhecem bem a aeronave. Do total, onze conhecem estruturas aeronáuticas feitas em materiais compósitos, dois desconhecem e uma resposta em branco.

Quando indagados sobre os problemas mais encontrados na manutenção dos T-25, as respostas foram as seguintes:

Tabela 19 – Problemas encontrados na manutenção dos T-25. .Dados apontados na entrevista com os Sargentos especialistas em manutenção da AFA.

Problemas encontrados na manutenção dos T-25 (Sargentos especialistas em manutenção)	Ocorrências
Fadiga do material	1
Falta de assentos ergonômicos para a tarefa de manutenção	3
Falta de ferramentas	1
Falta de peças e suprimentos	8
Falta de pessoal e realização de tarefas de outras especialidades	4
Freio (cilindro mestre e pastilhas)	2
Motor	1
Idade das aeronaves	3
Problemas com encaixe das carenagens	2
Poucas modificações em décadas de treinamento	2
Vazamento hidráulico	1

A maior parte desses problemas ocorre diariamente, segundo oito dos entrevistados, com uma média de frequência de 3.5 ocorrências diárias. Dos quatorze especialistas, seis estão familiarizados com as técnicas de reparo de materiais compósitos e oito não.

Na questão de número 6, quando perguntados sobre possíveis implicações negativas na adoção de uma aeronave de construção em materiais compósitos para a instrução, treze dos quatorze respondentes acharam que não há nenhuma implicação negativa e apenas um respondeu que há a dificuldade na realização de cursos de aperfeiçoamento (especialista em elétrica e instrumentos).

Na última questão, os sargentos elencaram características ideais na área de manutenção que a nova aeronave em substituição aos Neiva T-25 deveria possuir, e assim foram colocadas:

Tabela 20 – Características ideais para a nova aeronave de instrução da academia Dados apontados na entrevista com os Sargentos especialistas em manutenção da AFA.

Características ideais para a nova aeronave de instrução da academia (Sargentos especialistas em manutenção)	Ocorrências
Adoção do mesmo sistema hidráulico do T-25	1
Aquisição de máquinas e ferramentas mais adequadas	1
Esquema elétrico de mais fácil acesso	1
Facilidade de instalação e remoção de componentes/ facilidade de acesso	8
Falta de pessoal e realização de tarefas de outras especialidades	6
Instrumentos mais resistentes	1
Maior tempo entre inspeções	3
Manuais de Ordem Técnica (T.O), mais claros	1
Melhoria no sistema de ventilação da cabine	1
Trem de pouso fixo	1

Para dois dos entrevistados, não há características ideais.

# 3.7 Panorama das Aeronaves de Instrução, utilizado nas principais Forças Aéreas Latino-americanas

Não é surpresa e tão pouco novidade a situação das forças aéreas latinoamericanas. A presença de crises econômicas e políticas afetam sobremaneira o re-armamento de cada uma das armas dos diversos países.

A Argentina, por exemplo, no atual governo de Cristina Kirchner, está dando continuidade aos planos de trabalho da gestão anterior, onde o plano não

contempla o reequipamento das forças armadas apenas a manutenção e a recuperação dos materiais fora de serviço, por falta de peças.

O panorama pode ser ainda mais árido em países mais pobres como é o caso da Bolívia que 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. Suas aeronaves de treinamento primário foram inclusive doadas pelo governo brasileiro (seis Neiva T-25C), em função da extrema necessidade e estão alocadas no Grupo aéreo de treinamento 21 (GAE-21).

Embora não sejam todas as forças aéreas, boa parte das principais forças conta com a economia do uso de aeronaves leves para a instrução primária, é o caso da Colômbia (FAC), Equador, Paraguai (aviação naval), Peru, Venezuela, e até Cuba que utiliza os renomados *Zlin* 326 de fabricação Tcheca.

Nessas forças aéreas, a predominância é de aeronaves fabricadas pela Cessna, sendo o principal modelo o C-172 *Skyhawk* e o 150/152 *Aerobat*. São também utilizados os *Zlin*, alguns *Maule* MT-7-7-235 no caso do Equador e Honduras. O México utiliza também o *Zlin* Z-242 L *Moravan*.

A ideia de dissertar sobre a frota de aeronaves treinadoras é a de se ter condição de analisar que, boa parte das outras aeronaves empregadas na sequência do treinamento básico, em alguns países está chegando ao final de suas vidas operacionais e pode-se enxergar a oportunidade de mercado para o caso de um desenvolvimento nacional deste porte de aeronave.

Como exemplo, tem-se a grande frota de *Beechcraft* T-34 modelos A e B que estão em operação. Estes aviões são mais complexos, mais caros com motorização, mais potente e, portanto, menos econômicos, que poderiam ser substituídos por aeronaves mais leves, ao menos na porção primário/básica da instrução.

O otimismo para a substituição não pode ser muito exagerado, pois boa parte das forças aéreas desses países analisados nas tabelas subsequentes utiliza, no máximo, uma dúzia de treinadores leves na média, tendo extremos de algumas unidades muito pequenas, como, a aviação naval do Paraguai que emprega apenas um único Cessna C-150 na missão de instrução, aliás, toda a força aeronaval paraguaia tem nove aeronaves, entre aviões e helicópteros.

Para mais detalhes da frota dos principais países Latino-americanos, veja no Apêndice C, uma tabela com dados atualizados dos tipos de aeronaves empregados para a instrução: Primária. Básica e avançada (p. 227).

## 3.8 Desafios Futuros no Treinamento de Pilotos, a Realidade norte-americana e Rebatimentos no Brasil.

Os Estados Unidos estão muito preocupados com os desafios que virão nas próximas décadas, em virtude da entrada em serviço dos novos F/A-22 *Raptor* e do F-35 (AUSINK et al., 2005).

O cenário que seus futuros pilotos enfrentarão conta com os seguintes elementos:

- Operações conduzidas em todo o tempo do dia e com todas as condições climáticas e geográficas existentes;
- As operações irão requerer ataques rápidos ao inimigo;
- Incorporação de armamentos de precisão, aumentando a eficiência da missão e minimizando a exposição das aeronaves tripuladas ao fogo inimigo;
- Missões de deslocamento e transporte executadas muito próximo ao inimigo;
- Integração de uma quantidade grande de informações vindas de muitas fontes (terra, ar, bases) e em tempo real;
- Perfis de voo envolvendo grandes desgastes fisiológicos.

Missões complicadas e aeronaves com melhores capacidades requerem pilotos mais hábeis para pilotá-los.

O relatório da empresa de pesquisas RAND *Corporation*, feito em 2005 para a USAF, traz uma pesquisa com duzentos e trinta (230) pilotos de várias habilitações (caça, transporte, bombardeiros e operações especiais ou asas rotativas), envolvidos em algum dos estágios do sistema de treinamento e com experiências em diversas aeronaves, para ouvir suas opiniões a respeito do atual sistema de treinamento e as suas quanto às habilidades necessárias no futuro. Suas impressões foram as seguintes:

- O agrupamento, síntese e priorização das informações no cockpit serão muito grandes nas futuras operações, se olharmos para o ano de 2025;
- Voar o avião será tarefa secundária no futuro, assim como já é hoje, prevalecendo, no ambiente operacional, as tarefas de gerenciamento de informações;
- Os pilotos continuarão a ter mais responsabilidades na cabine, centralizadas no gerenciamento de informações, sensores e armamentos;
- Mesmo com as mudanças na tecnologia e o impacto de tais mudanças no ambiente operacional de voo, o SUPT deve continuar focando no ensino dos fundamentos do voo aos novos pilotos;
- Pilotos deverão ser mais proficientes no uso de soluções tecnológicas dentro das cabines, isto é, saber quando ou não fazer o uso de uma dada tecnologia.

Além desse panorama para o futuro da aviação militar, há alguns assuntos que podem aumentar ou diminuir a demanda por aeronaves de treinamento, e mesmo alguns desses assuntos deles – uma realidade muito distante para nosso país, acreditou-se ser relevantes em termos de conhecimento e discussão com aplicações em longo prazo.

O estudo da RAND *Corporation* destaca que estrategicamente a demanda por pilotos militares pode diminuir em função do aumento das aeronaves não tripuladas (VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado ou CUAV – *Combat Unmanned Air Vehicle*) utilizados pela USAF ou outras decisões superiores, se menos aeronaves convencionais deverão existir também um menor número de seus

pilotos deverá ser treinado. O treinamento deverá também contemplar o piloto dos VANT, cujo treinamento deverá ser específico, utilizando para isto novas fórmulas de conteúdo, meios e equipamentos baseados em terra, como simuladores e CBT – Computer Based training.

Do ponto de vista da política, a necessidade de uma maior flexibilidade de emprego do piloto para que atue ou possa mudar de arma de aviação durante sua vida profissional e o aumento da quantidade de operações conjuntas com outras forças armadas, pode afetar a quantidade de treinamento e instrução necessária.

Cada vez mais simuladores e outros meios de treinamentos baseados em terra podem e farão interferência na quantidade de horas necessárias. Por último, um melhor entendimento da economia do envelhecimento de aeronaves, poderá afetar a decisão de se mudar as aeronaves de treinamento, uma vez que a extensão do ciclo de vida de uma aeronave pode implicar em disparidade da plataforma com as atuais necessidades, e o estudo e modificações por vezes são muito custosos e demorados, implicando na alternativa de realmente se fazer a substituição da aeronave.

O Brasil, preocupado com o desalinhamento tecnológico com as forças aéreas mundiais e com o envelhecimento de sua frota, tem feito programas de atualização em muitas de suas aeronaves, podendo ser destacado os programas do F-5, que passaram por modernização e foram renomeados F-5M e os Embraer AMX A-1 que estão passando pelo programa similar, Aeronaves adquiridas mais recentemente como os ALX (Super Tucanos – A-29 A/B), os CASA C-105 Amazonas e até helicópteros como o gigante Russo MI-35 já incorporam características avançadas na parte de sensores e aviônica. Com este aumento em capacidade e na suíte tecnológica dos vetores de ponta, necessariamente as aeronaves de treinamento deverão incorporar tecnologias mais recentes de aviônica, para que a defasagem seja mínima em termos de oferecimento e gerenciamento de informações no painel.

A única aeronave de treinamento primário/básico que está sendo ofertada à Forca Aérea Brasileira, no momento, é o TXC (Pilgrim – Peregrino), um projeto

desenvolvido pela empresa nacional *Novaer Craft* situada em São José dos Campos pólo tecnológico do mercado aeroespacial da América Latina, uma parceria entre a Geômetra BTE (Bureau de Tecnologia e Engenharia Ltda.), especializada no projeto e certificação de estruturas e componentes aeronáuticos, a *Winstall*, que abraça o desenvolvimento e fabricação de componentes para o setor aeroespacial e a *Flight Technologies* – empresa pioneira no desenvolvimento de sistemas de informação e controle de voo para aeronaves tripuladas e não tripuladas.

A aeronave (Fig. 31) é um exemplo de simplicidade de projeto e sofisticação em termos de eletrônica embarcada, o que facilitaria esta sequência na cadeia de aeronaves de treinamento e operacionais, muito embora o peregrino esteja pensado para ficar entre um treinador avançado (hoje o Embraer 312 / T-27 Tucano) e o treinador operacional. Cogita-se na imprensa especializada na substituição dos Tucanos pelo Super Tucano no futuro.



Figura 31 – Desenho em três vistas da proposta de aeronave de treinamento primário/básico da empresa *Novaer Craft*.

Fonte: Revista Força Aérea, Action editora, ano 14, nº 59, agosto/setembro 2009.

#### 3.9 Conclusão do capítulo

O sistema de treinamento norte-americano, que é um dos mais antigos e por razões indiscutíveis um dos melhores do mundo, passou por vários momentos, com relação a programas de expansão no período de guerras, sofrendo cortes orçamentários que influíram na disponibilidade de meios adequados de instrução.

Um fato que não pode ser negado e pode ser corroborado pelas descrições pormenorizadas do item 3.3 deste trabalho é que muita importância foi dada à questão da instrução na USAF. Não faltaram estudos alternativos para tentar mitigar as falhas e contratempos no decorrer dos 60 anos de existência daquela força aérea.

No começo do século XX, ainda incipiente, lutava com a falta de aeronaves específicas para a instrução. Com a chegada do primeiro conflito mundial, os problemas se consolidaram na necessidade do aumento do número de pilotos, na falta de vetores e na indisponibilidade de treinamento operacional em solo americano, fazendo com que parte do treinamento e instrução fosse ministrada além mar no velho mundo palco dos combates. Este conflito também marcou como sendo o berço de uma filosofia de instrução, porém ainda se fazia necessária uma doutrina de instrução, que somente se consolidou quarenta anos depois materializada nos manuais do ISD – *Instructional System Development*.

A Segunda Guerra Mundial marcou a evolução dos requisitos de voo pelo lado da engenharia e o treinamento especializado, pois estes eram disponíveis em função do crescimento exponencial da indústria de guerra na América do Norte em meados da década de 1930.

Algumas dessas máquinas, como afirmam Kovács (1996) e Hussey (2002), eram ferros de engomar – grandes pesados e desajeitados, e geralmente, tinham deficiências nas características de voo, que assustava os alunos ou os desmotivava.

Por várias décadas foram observados os aumentos no número de atrito em relação ao treinamento primário ou na etapa subsequente (básico) e a solução adotada pela Força Aérea ianque foi a de estabelecer programas de seleção inicial dos candidatos (*Flight Screening* ou Monitoramento em voo), onde a arte do voo era apresentada em máquinas pouco eficientes, porém adequadas para o monitoramento das reações dos candidatos a piloto. Conseguindo separar ou interromper candidatos que não possuíam aptidão e, portanto, quanto mais avançassem nas etapas dos cursos consumiriam o capital do governo sendo que o seu desligamento seria certo.

Tentou-se, na década de 1950, passar todo o treinamento para os jatos em um programa generalizado baseado em apenas uma aeronave, contudo, novamente o atrito subiu e o monitoramento em voo ressurgiu como alternativa para reduzir a taxa de alunos desligados.

O Brasil sempre ficou a mercê de programas de ajuda de países centrais que desovavam, por assim, dizer aeronaves obsoletas e ultrapassadas, que introduziam vícios de pilotagem e que atrapalharam o desenvolvimento brasileiro nesta área. Como é o caso do voo invertido que não era (até a entrada em serviço dos T-25) praticado na Academia da Força Aérea, em virtude dos aviões treinadores importados dos Estados Unidos e Europa não terem sistemas de alimentação e lubrificação que operassem em voo de dorso.

Segundo Kovács (1985), o avião de treinamento ou a formação de pilotos merece maior atenção deste país.

Acredita-se que o Neiva T-25, atual treinador primário/básico nacional em uso, já tenha sido uma grande evolução se comparada há tempos remotos, mesmo em relação a tamanho, custos operacionais e capacidade efetiva de treinamento, mas é preciso pensar no futuro. Uma aeronave de treinamento para os próximos 30 ou 40 anos será parecida com a que se tem nas academias militares ou escolas civis brasileiras?

Será que um programa de monitoramento em voo na força aérea brasileira, além da unificação do currículo básico civil e militar, não seria uma solução para se ter maior eficiência e redução de custos?

No entender deste autor, o ponto é exatamente este, dever-se-ia utilizar um programa de monitoramento ou introdução ao voo com aeronaves leves nas primeiras 30 ou 40 horas de voo, separando do grupo inicial aqueles candidatos ao fracasso.

A economia com o começo na instrução destas horas iniciais amortizaria parte dos gastos com a compra das aeronaves leves e as horas do treinamento básico seriam reduzidas.

O atual programa de instrução na USAF é especializado (SUPT) e conta na fase avançada com basicamente três aeronaves principais, e estas mudanças se deram em função da economia do uso de um jato executivo em substituição ao caça/treinador T-38, que era muito qualificado para treinar os pilotos destinados à aviação de transporte e reabastecimento.

Antigamente, no programa ainda generalizado (UPT), todos os candidatos passavam pelo T-38, porém após estudos de redução de gastos e a aproximação do fim do ciclo de vida dos T-38, resolveu-se passar para um sistema onde cada habilitação (aviação) teria uma aeronave avançada específica para seu treinamento.

A economia com a substituição dos T-38 pelos *Beechcraft / Rayteon* T-1A *Jayhawk*, foi da ordem de US\$ 200.000 por aluno.

É claro de que a economia brasileira não chegará a estes valores em função dos T-38 serem aeronaves de alto desempenho (supersônicos), mas ainda assim os ganhos serão notórios.

# 3.9.1 A proposta do novo sistema de instrução de voo para a Academia da Força Aérea Brasileira

Considerando-se as primeiras 60 horas de voo, que correspondem aos três estágios básicos do programa atual de instrução de nossa força aérea têm-se:

- 1. Pré Solo;
- Manobras acrobáticas (MAC);
- 3. Voo de formatura.

O programa sugerido, neste trabalho (Fig. 32), poderia ser dividido em: 20 horas de pré solo, mais 20 horas de acrobacia em aeronave leve, totalizando 40 horas de monitoramento, quando, então, o aluno faria a transição para o sucessor do T-25, realizando os voos de formatura e a navegação final (20 horas de voo).

Ter-se-ia as mesmas 60 horas anteriores, nos três estágios, só que economizando muito combustível e, logicamente, com aeronaves leves de melhor desempenho, com um índice de disponibilidade maior, sem mencionar ergonomia, novos sistemas de comunicação e instrumentos.

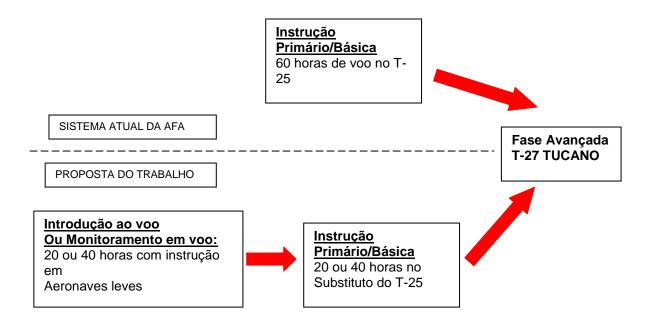


Figura 32 - Fluxograma do novo sistema de instrução de voo, proposto para a AFA Fonte: elaborado pelo autor

O consumo do T-25 é de aproximadamente 48.4 litros de gasolina aeronáutica por hora; no sistema atual, a fase primária e básica de instrução (60 horas) gasta no total: R\$ 10.309,20 por hora/aluno. Se fosse utilizada uma aeronave mais leve e, por consequência, mais econômica, o valor total dessas três etapas (considerando 40 horas de monitoramento e 20 com aeronave substituta dos T-25), seria de: R\$ 6.276,40 por hora/aluno, considerando um consumo na faixa de 20 litros/hora.

A economia seria da ordem de R\$ 4.032,80 por aluno. No final de um período de instrução, se computados em relação às 40 vagas oferecidas no CFOAV — Curso de formação de oficiais aviadores, ter-se-ia o valor de R\$ 161.312,00, o que corresponde a mais de 70% do valor de uma aeronave por ano de instrução.

Foi considerado o valor de US 111.500,00 (R\$ 205.717,50 – Dólar comercial R\$ 1,845 em 9 de Junho de 2010 16h30m), valor este de uma das aeronaves leves mais modernas no mercado, fabricada pela empresa norte-americana *Cessna* (*Cessna* 162 – *Skycatcher*).

Para esse cálculo, foi utilizado um valor do litro da AVGAS de R\$ 3,55 (valor na data de 09 de Junho de 2010 – BR *Aviation*) e não estão computados os valores de peças e consumíveis das aeronaves. Um currículo padronizado para a etapa de monitoramento em voo também seria uma boa saída, envolvendo as entidades civis também, atividade esta que poderia incrementar a instrução civil e atacar problemas relacionados à padronização de procedimentos relativos ao controle do espaço aéreo. Há inúmeras evidências de que um programa de monitoramento melhora a qualidade do piloto formado e economiza dinheiro, basta poder colocar um pequeno grupo de alunos nesse regime para se poder compará-lo ao sistema tradicional. Cabe à Força Aérea Brasileira investigar novas soluções, para enfrentar os desafios impostos pelo corte de verbas e as novas aeronaves operacionais que adentram ao inventário da FAB.

### **4 PROJETO AERONÁUTICO**

### 4.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DA ENGENHARIA AERONÁUTICA

Acredita-se que, desde os tempos da pré-história, o homem nutria o sonho de voar, inspirando-se no voo dos pássaros, atribuindo esta capacidade aos Deuses. Os estudos começaram com o entendimento do que era esta substância gasosa e invisível que cobria a "morada terrestre".

Muitas foram as pessoas que contribuíram para entender o que era o ar, entre elas Aristóteles que concebeu que o ar tinha peso, Archimedes com a lei do empuxo, Galileu, Roger Bacon e Pascal que provaram ser o ar um gás incompressível e que sua pressão diminui conforme o aumento de altitude.

Apenas no século XVI, no período conhecido como iluminismo, é que estudiosos como Leonardo da Vinci, estudaram aspectos do voo dos pássaros, chegando a esboços preliminares de para-quedas e a uma espécie de helicóptero.

A era dos mais leves do que o ar inaugurou a conquista do ar pelos homens, sendo o ano deste evento 1783, quando os irmãos franceses *Montgolfier* construíram um balão e conseguiram seu feito.

Os conhecimentos sobre as forças básicas que atuam nas asas, o ângulo de ataque e a importância do ângulo diedro como elemento de melhoria na estabilidade foram contribuição de Sir George Cayley (1773 a 1875), considerado o pai da aerodinâmica moderna. Otho Lilienthal foi quem provou que o mais pesado poderia voar, construindo planadores e fazendo mais de 2.000 voos bem sucedidos (DE ANDRADE, 1999).

Para os brasileiros, Santos-Dumont foi quem inventou o avião, todavia é importante entender-se que muitos pesquisadores isolados tentavam o sucesso baseados em características formais muito próximas. Os próprios irmãos *Wright*, tiveram sucesso em 1903, mesmo catapultados por assim dizer, e se este era o pecado deles o do herói Dumont foi o de não ter quase controle lateral o que

também não caracterizaria voo (controle nos três eixos), mas esta discussão ficará para outro trabalho. O importante é que a contribuição deles todos resultou no atual estágio da aviação. Pedra sobre pedra a comunidade aeronáutica construiu em pouco mais de cem anos avanços gigantescos se comparados com a indústria automobilística de praticamente mesma idade.

A influência dos dois conflitos mundiais, também foi notória no desenvolvimento da aviação, quando, na I Guerra Mundial, o homem percebeu que o domínio dos céus levaria a supremacia das nações, foram adotados aeroplanos em praticamente todos os serviços militares. No entanto, foi na Segunda Guerra Mundial que os avanços na área da engenharia e na própria manufatura começaram a apontar para o estágio atual de desenvolvimento, as máquinas passaram a ser mais velozes e ter maior poder de fogo, levando o homem a constituir o elo mais fraco desta dupla Homem/Máquina (OLIVEIRA, 1998).

Tanto as asas enflechadas (Alemanha) quanto o motor à reação (Inglaterra), foram desenvolvimentos deste período e mudaram os rumos da aviação.

Avanços também na área dos materiais foram importantíssimos, como as novas ligas de alumínio, magnésio Titânio, que fizeram possíveis a estruturação das fuselagens semi-monocasco (semimonocoque) e das asas engastadas (*cantilevers*).

O berço, então, da engenharia aeronáutica está nos voos de balões, planadores e dos dirigíveis, entretanto, foi após o voo do mais pesado do que o ar que se deu um grande impulso à atividade.

A Engenharia Aeronáutica é um dos pilares da engenharia aeroespacial e lida com tecnologias aplicadas à aerodinâmica, propulsão, estruturas, estabilidade e controle.

Por fim, a aviação se beneficiou muito com a conquista do espaço na década de 1960 e dos avanços decorrentes desses programas. Hoje, parte desse sucesso se deve aos meios de informática, que englobam desde ferramentas de projeto,

ensaio e manufatura, como também compõe a interface entre piloto e aeronave nas cabines de comando, através do uso dos computadores de voo e monitores digitais e dos comandos de voo tipo *Fly By Wire*. Neste tipo de comando, não há mais ligação mecânica física entre controle e superfícies de comando. O movimento mecânico vira estímulo elétrico que é convertido em sinais digitais e enviado eletronicamente às superfícies de controle. O computador pode até analisar comandos exagerados e impróprios e gerenciar a quantidade de movimentos para que não extrapole o envelope de voo da aeronave.

Também, nesses avanços, estão os materiais compósitos, que hoje revolucionam a indústria aeroespacial, com sua enorme vantagem sobre os materiais como o alumínio, a madeira e o aço. Essas possibilidades propiciaram e ainda farão no futuro a criação de aeronaves mais leves e mais eficientes no consumo de combustíveis. (HOLLMANN, 1983).

Sua tremenda capacidade de resistência, rigidez e baixa densidade além da possibilidade plástica em sua construção, asseguram a obtenção de formas inusitadas e inconcebíveis para outros tipos de materiais disponíveis há três ou quatro décadas.

#### 4.2 Design Aeronáutico uma disciplina à parte

O projeto aeronáutico começa com o esboço de uma aeronave que satisfaça o perfil de missão de um cliente e que atenda a requisitos de certificação específicos, este processo inicial é seguido por várias etapas até que um protótipo seja construído e ensaiado, todavia muito se segue até a entrada em serviço deste avião.

São duas e igualmente importantes tarefas no Design de aeronaves: a parte de leiaute e a da análise do design, segundo Raymer (1992) estas atividades atraem diferentes perfis de pessoas. Algumas delas adoram mexer com números, enquanto as outras não podem deixar de fazer rabiscos em uma folha de papel encontrada sobre uma mesa.

O desenvolvimento de projetos de aeronaves não é uma tarefa trivial de desenho baseados nos resultados de uma análise, porém é o elemento chave do projeto integrado e determina o desempenho, o peso e o custo dos aviões.

A habilidade de pensar (conceber) e desenhar uma nova aeronave que tenha uma ótima forma aerodinâmica, um leiaute interno mais funcional e que ainda vá ao encontro de especificações e condicionantes de projeto é uma capacidade rara que demora anos de trabalho árduo para ser desenvolvida. Os bons designers nascem e não são feitos segundo Raymer, é claro que as técnicas de desenho de configurações podem ser ensinadas, contudo, não são garantia de um design bem feito.

O Design de aeronaves é uma atividade vista sempre com muito glamour e mistério, transmitindo a imagem de um ofício cercado de cálculos matemáticos, desafios tecnológicos e poucos aspectos conceituais. A arte de projetar aviões surgiu, separada da engenharia, movida por curiosidade, prazer e o desafio de conquistar o meio mais etéreo desta nossa morada terrestre. No passado, já foi também, como em outras áreas, realizada isoladamente, como hoje também adota um desenvolvimento integrado.

Segundo Raymer (1992), a atividade de design aeronáutico, é uma matéria à parte da engenharia aeronáutica, diferente das disciplinas analíticas como: aerodinâmica, estruturas, controles e propulsão.

Um designer aeronáutico deve ser versado nestes e em outros assuntos correlatos, porém, fora do ambiente de pequenas empresas, onde há o acúmulo de funções, ou um quadro reduzido, este não desempenhará apenas cálculos matemáticos, mas, empenhará o seu tempo na execução de DESIGN, ou seja, definição da forma física de um produto, que melhor supra as necessidades de um consumidor ou usuário (ULRICH; EPPINGER, 2008).

Raymer continua colocando em seu texto, que para os leigos, design se confunde com desenho auxiliado por computador (CAD), porém desenho é apenas o seu produto final, sendo o trabalho mental, a maior parte de sua ocupação.

Kovács (1986) apresenta a conceituação da filosofia de projeto como um assunto pouco ventilado e ligado ao projeto de aeronaves, que faz parte da personalidade do projetista e do envolvimento deste no progresso da aviação, insiste também na importância da aviação desportiva como o alicerce e propagador de um mercado aeronáutico futuro.

Parece estranho desvincular a atividade de projeto preliminar ou conceitual do engenheiro aeronáutico, entretanto, mesmo não sendo comum nas grandes empresas, faz parte do universo da aviação desportiva e experimental.

No Brasil, a EMBRAER - Empresa Brasileira de Aeronáutica – uma das maiores fabricantes de aeronaves do globo, mantém um departamento de pré-projeto, composto por projetistas e engenheiros, que executa a atividade de gerador de propostas conceituais dos novos aviões, utiliza a plataforma de CAD, com o programa de informática CATIA. Historicamente nas diversas empresas que compõe a indústria de aeronaves leves e experimental, a maior parte dos projetistas não tem formação específica na área aeronáutica.

Concluindo, neste universo do produto, o projeto é a linguagem universal da concepção e da criação pura, congrega conhecimentos técnicos, habilidade para cálculo e criatividade para gerenciar a solução dos problemas corriqueiros ou das soluções chamadas: Radical Design (Design Radical - aqueles que não têm casos similares resolvidos), onde há a necessidade da inventividade e conhecimentos técnicos para a resolução (VINCENT, 1990).

## 4.3 Revisão do Processo de Design Aeronáutico

O processo de Design começa na ideia (pensamento) do Designer (projetista), embora esta concordância não seja unânime entre os especialistas.

Um especialista em dimensionamento sabe que não se começa nada no projeto de uma aeronave antes de ter-se uma estimativa de peso. Para o cliente Civil ou Militar, fica a sensação de que o Design começa com os requisitos. Ambos estão

certos, na verdade Design começa em um esforço conjunto como mostrado na Figura 33.

Requisitos são estabelecidos por estudos de projetos anteriores. Concepções são desenvolvidas para se adequar aos requisitos. Análise de projeto (Design), geralmente aponta para novas configurações e tecnologias, que podem gerar um desenho totalmente novo, segundo Raymer (1992) todas essas atividades têm o mesmo peso na concepção de uma nova aeronave.

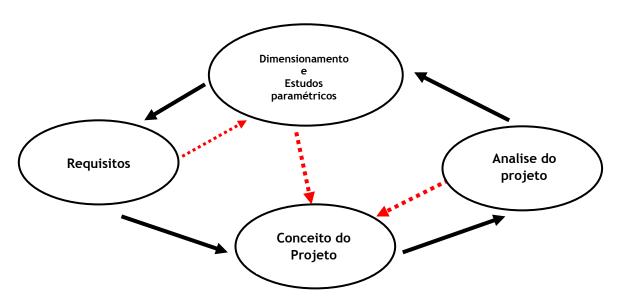


Figura 33 – Diagrama do Processo de Projeto Aeronáutico Fonte: Raymer 1992.

O Processo de Design Aeronáutico pode ser dividido em três projetos: Design Conceitual, Design Preliminar e Detalhamento.

### 4.3.1 Projeto Conceitual

Nesta etapa, os problemas ainda são de ordem geral, as ideias são colocadas sem detalhes ainda de uma maneira mais expressiva do que raciocinada. A configuração, o tamanho, o peso e o desempenho são questões a serem respondidas, por inúmeros possíveis caminhos. A primeira questão é: Pode uma aeronave construída com base nos requisitos caber no orçamento? Caso contrário, o cliente deverá ser mais compreensivo em relação aos requisitos.

#### 4.3.2 Projeto Preliminar

Esta fase começa onde terminam as mudanças, ao menos as maiores mudanças. Começam a ser estudadas as partes específicas da nova aeronave, os especialistas em estruturas, trem de pouso e sistemas de controle, começam a desenhar suas propostas (os chamados Subconjuntos) e fazer análises. O modelamento matemático da forma geométrica da aeronave também é iniciado na fase de Design Preliminar e se chama *Lofting*. Com este trabalho, que consiste no desenho detalhado das superfícies, procura-se chegar a uma união de todos os componentes de maneira a formarem um conjunto harmonioso em termos de forma e aerodinâmica, permitindo também que os componentes possam ser fabricados em diferentes lugares com precisão. Esta porção do projeto é a que sinaliza para a empresa que esta será capaz de desenvolver o projeto nos tempos e custos esperados e contratualmente firmados, dá ainda a palavra afirmativa de prosseguir para a etapa de detalhamento, que também é conhecida por Desenvolvimento em escala real (*Full Scale Development*).

Segundo Kovács (1986), estas fases iniciais que aqui no Brasil se chamam de Anteprojeto e Projeto Preliminar, respondem por 30% do tempo total do projeto, todavia com um baixo volume (7,5%) do total de trabalhos de todo o projeto. Este grande tempo com atividades de pequeno volume que englobam apenas uma equipe reduzida, é importantíssimo para o êxito do projeto, mas geralmente estas fases são suprimidas ou reduzidas e as consequências nas palavras do próprio Kovács "São Trágicas!" (Figura 34).

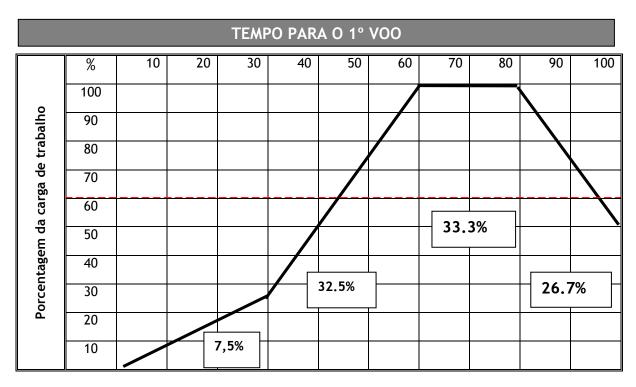


Figura 34 – Carga de trabalho versus porcentagem de tempo para o primeiro voo da aeronave.

Fonte: Adaptado pelo autor de Kovács, 1986, p.134.

O preço pela omissão de horas nas fases iniciais vai desde o acréscimo de volume posterior para correção de problemas, custo de modificações executadas por soluções iniciais pouco pensadas, discutidas ou racionalizadas até peso e consequente comprometimento do sucesso da aeronave.

Existe uma relação entre o custo relativo e o andamento do projeto, que foi tratado por Baxter (1998) e que coloca a importância nas fases iniciais do projeto em função do baixo volume de recursos alocados nessas etapas, a pesquisa das fases de planejamento, Projeto Conceitual, configuração do projeto e projeto detalhado (correspondentes à nomenclatura de Raymer, 1992), foram executadas envolvendo pequena parcela da equipe de projeto e utilizou-se apenas papel e modelos baratos. Contudo, qualquer alteração em fases posteriores como, por exemplo, na fase de engenharia de produção, pode implicar em refazer matrizes de elevadíssimos custos.

Podem-se acompanhar também, na Fig. 35, as curvas para a possibilidade de redução de custo e de introdução de mudanças.

O custo orçado apresenta uma curva ascendente inversa ao custo de desenvolvimento, pois, estes custos significam decisões para gastos futuros, por exemplo. A decisão de se produzir uma aeronave de treinamento primário ou básico ou um caça interceptador de alta geração é uma decisão que exige um alto compromisso financeiro, quando se chega ao projeto detalhado. Este gasto, embora ainda não consumado, deve estar orçamentado, pois é uma decisão estratégica inicial da empresa, dessa maneira, a possibilidade de redução de custos está nos estágios iniciais do desenvolvimento quando esses recursos ainda não foram efetivamente gastos. (Fig. 35).

Este trabalho reunindo informações para a composição de um estudo na formulação de requisitos para o novo treinador, contribui com a fase de Planejamento do produto, pois levanta dados que auxiliarão um possível desenvolvimento antes do começo da etapa conceitual.

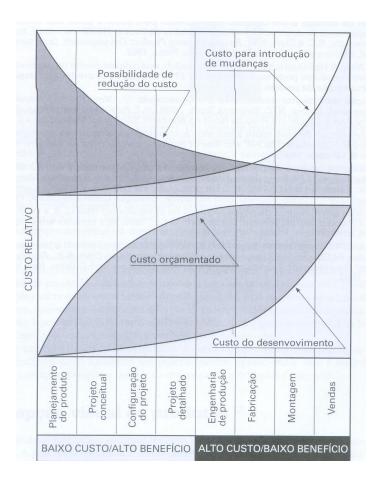


Figura 35 – Custos e benefícios nos diversos estágios do processo de desenvolvimento. Fonte: BAXTER, 1998 - p. 23.

#### 4.3.3 Detalhamento

Depois de entrar na fase do Desenvolvimento em escala real as peças a serem fabricadas começam a ser desenhadas. Como ilustra a figura x abaixo, a estrutura da asa nos primeiros estágios do projeto é desenhada como um todo, que só na etapa do detalhamento é que passa a ser considerada como uma somatória de elementos como revestimento, nervuras e longarina. Cada fase, as perguntas e atividades inerentes a ela, está representada na Figura 36,37.

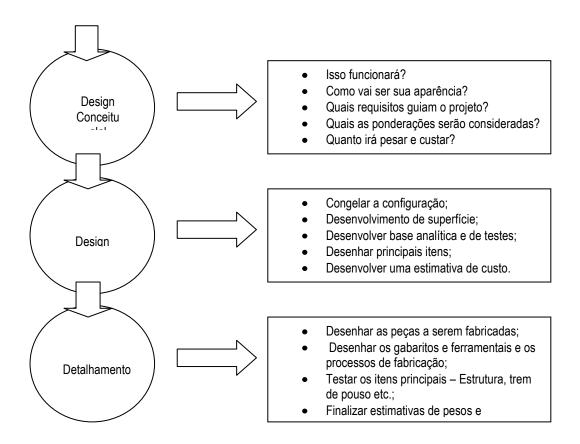


Figura 36 – Fases do Processo de Design. Raymer (1992).

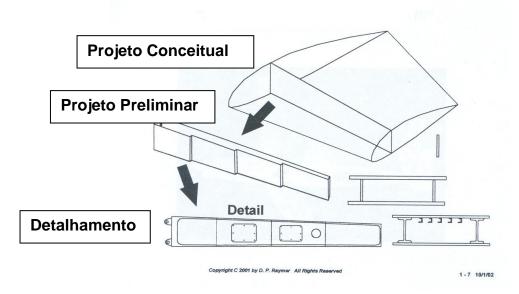


Figura 37 – Fases do Processo de Design. Fonte: Raymer (2002).

## 4.4 O princípio da Solução Mínima

#### 4.4.1 Histórico da filosofia da solução mínima

O salto tecnológico da indústria aeronáutica se deu em um curto espaço de tempo. Dos aviões caça da primeira guerra mundial (1918), que voavam a 200 km/h, para os aviões de combate da Segunda Grande Guerra, passaram-se pouco mais de 20 anos. O homem quadruplicou à velocidade dos caças em menos de meio século.

Nesse começo da aviação, os veículos eram muito simples, feito em estrutura tubular soldada, madeira e revestidos com lona engomada (Fig. 38), além do motor e das duas metralhadoras, possuíam apenas instrumentos básicos.

A estrutura dos aviões, em termos gerais, não se alterou, apenas os materiais e processos evoluíram, longarinas, nervuras, tensores e travessas continuam presentes nos dias atuais, porém com novos materiais e desenhos.

O combate ganhou uma ferramenta que se tornaria indispensável nos conflitos subsequentes, o avião. A guerra havia tomado um rumo totalmente diferente, talvez uma revolução comparada à da pólvora. Os inimigos não poderiam mais se

esconder, sobre a eminência de um reconhecimento aéreo capaz de localizá-los, a camuflagem seria item de primeira necessidade.

Porém a necessidade de melhora nas operações, bem como a segurança, fez com que outros equipamentos fossem anexados nos modelos posteriores, incorrendo em uma corrida frenética no desenvolvimento de máquinas mais capazes, potentes e menos vulneráveis, mas este aumento de necessidades gerou uma inflação nas características físicas dos aviões, que passaram a ser monstros com asas.

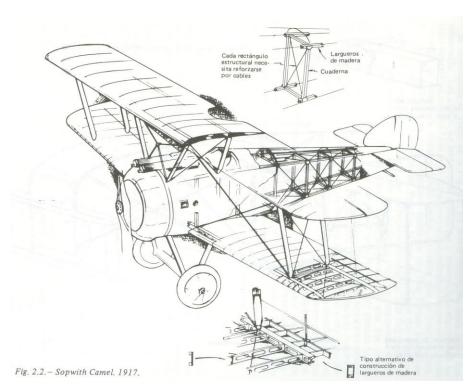


Figura 38 - Estrutura do caça Inglês da 1ª Grande Guerra – *Sopwith Camel* -1917. Fonte: Cutler (1984).

A raiz da teoria da solução mínima tem sua origem nos escritos de *Kesselring* em 1942, estudioso alemão que publicou os princípios de um método por aproximações sucessivas e convergentes. O procedimento foi condensado nos seus aspectos cruciais em duas publicações alemãs da época e, posteriormente, na diretriz VDI 2225, uma norma (*Verein Deutscher Engenieure*).

A essência do procedimento é a validação de variantes da configuração elaboradas com base em critérios de avaliação, técnicos e econômicos. Na sua

teoria da configuração ele indica cinco princípios de configuração super ordenadores (PAHL et al, 2005).

- Princípios dos custos mínimos de produção (construção enxuta);
- Princípio da necessidade mínima de espaço;
- Princípio do peso mínimo (construção leve);
- Princípio do desperdício mínimo;
- Princípio da manipulação mais adequada.

Com certeza, esta foi a geratriz da metodologia empregada na Alemanha na segunda guerra mundial e que depois passou à Inglaterra e, posteriormente, aos Estados Unidos.

"A atividade de operação aeronáutica é diretamente influenciada pelas características e desempenho dos aviões existentes e disponíveis" (KOVÁCS, 1986) Por isso, a preparação dos requisitos é uma atividade importante, tendo em vista que estes deverão ser os ditames determinantes do novo avião.

Mesmo que os requisitos de projeto sejam conduzidos pelas necessidades operacionais, as especificações são escritas por órgãos sem a sensibilidade e percepção técnica necessária, não fazendo o trabalho de maneira coerente, por muitas vezes inflexíveis em sua pretensa autoridade estatal, assim, prejudicando na formulação do *briefing*, para as empresas.

Os projetistas têm, portanto, de utilizar de muita criatividade, para atender as características exigidas e ainda surpreender os contratantes com soluções inovadoras ou inimagináveis. Este conflito é o maior responsável por aviões sem inovações.

Ao longo da história após a década de 1940, alguns projetos em que a equipe se afastou razoavelmente dos requisitos, via de regra, escritos pelo governo resultaram em máquinas muito melhores, lembradas até hoje, como é o caso do famoso avião de transporte Douglas DC-3/C-47 (Fig. 39), um projeto da década de

1930, utilizado até os dias atuais, que equipou boa parte de todas as companhias de transporte aéreo do globo, sem mencionar as forças aéreas.



Figura 39 - Douglas DC-3. Fonte: (www.boeing.com).

Na época de seu desenvolvimento, dois aviões foram projetados sob o mesmo requisito, o da empresa *Lockheed*, chamado *Loadstar* e o da empresa concorrente Douglas, mais tarde se chamaria DC-2/DC-3, todavia a equipe da *Lockheed* seguiu à risca os requisitos, enquanto os da Douglas desviaram-se responsavelmente deles, assumindo riscos, e o resultado foi materializado neste ícone da transformação da aviação comercial ocidental.

Este conflito que Kovács (1986) chama de tecno-científico, tem dois momentos um dentro da própria empresa e outro com os requisitos governamentais. Os conflitos internos são decorrentes da resistência na busca por melhorias e alterações nos paradigmas de projeto. Já a externa é fruto da falta de sensibilidade e rigidez exagerada dos contratantes, que requerem características incompatíveis ou soluções que acarretarão em máquinas monstruosas.

Lidar com estes desarranjos internos foi mais fácil segundo Kovács (1986), no período entre guerras, pois os projetistas aficionados (todos os pilotos) acabaram

tornando-se os donos das fábricas, por exemplo: *Messerschmitt, Dornier, Junkers, Heinkel*, De *Havilland*, Douglas, Boeing, *Bloch-Dassault, Yakolev, Curtiss, Fokker, Focke, Sikorrsky, Breguet, Handley-Page, Tupolev, Cessna, Piper, Beech e outros.* 

Historicamente, pode-se levantar que houve um aumento notório no peso dos caças do início dos anos 30 até 1950. A Figura 40 ilustra o aumento no peso dos projetos militares apenas da indústria Douglas nas décadas de 30,40 e 50, nota-se que em 1932 um avião de ataque A-17 tinha o peso de 5.000 kg e seu sucessor projetado em 1945, teve um acréscimo de 20.000 kg, passando a totalizar quase 30.000 kg de peso máximo de decolagem, o que demonstra o aumento indiscriminado de peso, oriundo de equipamentos e falta de otimização de recursos.

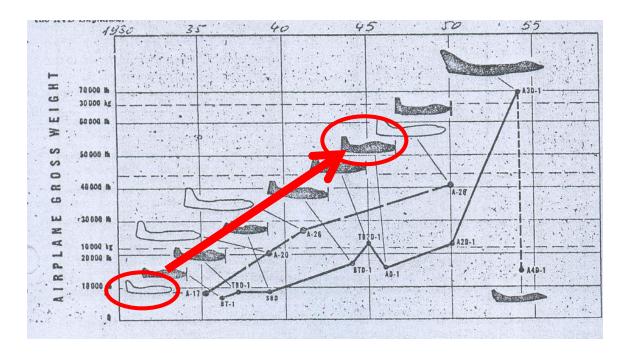


Figura 40 - Distribuição do peso dos projetos de aeronaves de ataque ao solo da empresa Douglas de 1933 a 1955. No eixo horizontal, as datas do projeto e, no eixo vertical, o peso em libras – sistema Inglês.

Fonte:Revista INTERAVIA (v. 10, nº 3, 1955).

Outro fator, que acompanhou a busca por um novo olhar na filosofia de projeto dos aviões, foi o crescente aumento do custo dos caças a partir do segundo grande conflito mundial, cada vez mais, os governos estavam cortando os gastos militares e, desta forma, uma busca por soluções mais simples e baratas deveria ser

realizada se os países quisessem manter a soberania do espaço aéreo e a atualização dos sistemas de armas.

Na década de 1940, na geração de caças da 2ª Guerra Mundial, 67% do valor dos caças eram devidos à estrutura e ao motor, enquanto que já, na década subsequente, o valor dos equipamentos correspondiam a 70% do custo geral, enquanto a estrutura e o motor responderiam por apenas 30% do valor do avião.

#### 4.4.2 Heinkel HE 162 - Volksjäger "O Caça do Povo"

A materialização precursora da solução mínima foi fruto de um esforço de guerra alemã, os engenheiros alemães estavam acostumados a uma metodologia de projeto baseada em customização, nesta metodologia iam acrescentando equipamentos, para que os protótipos de um novo modelo fossem exaustivamente modificados, expandindo, assim, cada vez mais o seu espectro de missão, os técnicos procuravam atribuir a maior flexibilidade possível para certo tipo de avião, de forma que este pudesse suprir a maior quantidade de missões diferentes. Por exemplo, o bombardeio de mergulho *Junkers* JU 88, recebia circuitos elétricos adicionais e cabides sob as asas, para que pudesse também lançar bombas de fragmentação em ataques a baixa altura, este excesso em equipamentos contribuía não só para o empobrecimento do desempenho da máquina, como ainda para o aumento de custo em uma época de dificuldade de recursos.

Muitas vezes, equipamentos de última geração em excesso, subutilizados, poderiam ser substituídos por versões mais simples e antigas, acarretando em economia e total atendimento aos requisitos de missão.

Como resultado desse mar de desperdícios um programa de **pós-ajuste** foi instalado na Alemanha, este programa era ligado a uma padronização simultânea de todos os componentes. Em virtude de um cenário tenebroso de final de guerra para seu país, uma mania de economia e pós-ajuste tomou conta dos técnicos germânicos e várias propostas, diversas delas rejeitada pelo alto comando alemão, eram desenhos de um chamado: "Avião Descartável", ou seja, um produto resultante do uso de produtos simples, chegando à beira do primitivismo. Porém

estas aeronaves eram muito econômicas, comparáveis talvez aos carros populares de 1.000 cilindradas dos dias de hoje.



Figura 41 - Aeronave Arado Ar-234 Blitz. Fonte: (http://movies.skutai.com)

No entanto, infelizmente para a Alemanha e o contrário para o mundo, junto com o programa de **pós-ajuste**, vieram os desenvolvimentos dos motores à reação, que poderiam ter representado a supremacia da força aérea alemã no conflito, contudo, seu ministério do ar não acreditou no êxito das pesquisas ou talvez na promissora tecnologia e só abriu os olhos quando no verão de 1944, preocupado com os altos custos de produção dos aviões de caça a jato Arado Ar-234 (Fig. 41) e *Messerschmitt* Me 262 (Fig. 42), expediu-se uma especificação para que cinco empresas submetessem especificações e projetos para um caça simples de alto desempenho. Este avião deveria ser construído com componentes simples, utilizando um mínimo de matéria-prima e além de tudo ser fácil de voar. Como ainda não era tudo, seis meses era o prazo para torná-lo um produto de fabricação em massa.



Figura 42 - Aeronave Messerschmitt Me-262. Fonte: (http://www.militaryaircraft.de).

Aguçado pelo desafio e ávido por provar ao ministério do ar alemão, pelo qual foi prejudicado por duas situações, o Dr. Ernest Heinkel (Fig. 43), proprietário da indústria aeronáutica de mesmo sobrenome, resolveu submeter seu projeto segundo as prerrogativas técnicas expedidas às autoridades, deste modo, ciente de que só com uma resolução muito simples e econômica em questões de tempo e material, seria possível cumprir o prazo dado pelo governo para a consolidação do programa do batizado: "CAÇA do POVO ou *Volksjäger*". O exemplo deste embrião do pensamento da solução mínima foi a ideia de não colocar o motor dentro da fuselagem do mesmo, garantindo, assim, a redução de tempo em ensaios de entradas e saídas de ar, normais em projetos de aviões à reação. A localização final foi sobre a fuselagem, depois de descartada o posicionamento na barriga, onde o motor poderia ser atingido em um pouso sem os trens de aterrissagem.



Figura 43 – Dr. Ernest Heinkel – Engenheiro aeronáutico e proprietário da empresa Heinkel, autor do projeto do caça miniatura He-162. Fonte: (http://www.airpages.ru).

Mesmo sendo um avião simples, a segurança do Heinkel 162 vinha em primeiro lugar, sendo instalado um assento ejetável (Fig. 44) para o piloto. Os primeiros aviões a terem assentos desse tipo foram os modelos projetados por Heinkel, como o He-280, que utilizava ar comprimido para lançar o piloto fora do avião em caso de pane, salvando sua vida, como ocorreu com o piloto de testes (*Helmut Schenk*), daquela empresa em 1942, quando necessitou fazer o uso do equipamento e foi salvo pelo mesmo, tornando-se o primeiro piloto a ter sua vida salva por assentos ejetáveis.



Figura 44 - Assento ejetável utilizado no He-62 *Volksjäger* Fonte: (http://www.ejectionsite.com).

O governo alemão chamou o avião de caça miniatura monoposto e monomotor. Foi batizado por Heinkel de He-162 (Fig. 45) e apelidado de *Volksjäger*.



Figura 45 - Heinkel He-162. Fonte: (http://www.world-war-2-planes.com/he-162.html).

Este avião foi o primeiro intento no caminho mais racional para um caça, mas a geração dos próximos desenvolvimentos, sobretudo nos Estados Unidos da América, não seguiam esta filosofia, e mesmo com os cortes de verbas por parte do congresso americano e o fim do conflito na Europa, o que se via era o surgimento de enormes caças de geração mais avançada, contudo, que cresciam em complexidade, peso e horas de manutenção por horas voadas.

# 4.4.3 Horas de manutenção e valor de venda dos aviões, nas décadas de 1940 e 1950

Um dos questionamentos levantados, nesta época do pós-guerra, foi a própria definição dos objetivos militares, que deveriam dar condições para se analisar cada projeto, com uma atenção específica. A vida média de um caça, na época, era de 80 horas de voo somente. Caças bombardeiros 40 a 50 horas de voo e bombardeiros de porte médio de 200 a 300 horas, o que era muito pouco. Não se entendia porque as empresas continuavam a projetar aviões para dezenas de milhares de hora de voo, quando, na realidade, se deveriam desenhar caças capazes de resistir a dois meses de operação intensiva. A maneira de se projetar

poderia ser diferente, as soluções estruturais e de arquitetura de sistemas poderiam e deveriam ser mais simples em função da diminuição da vida útil, ter-se-ia o que se chamava de caça descartável. (HEINKEL, 1952).

No que diz respeito às horas necessárias de manutenção, chama-se a atenção de que, na Segunda Guerra, caças e bombardeiros médios consumiam 20 a 25 horas de manutenção, para cada hora de voo dos aviões, no caso de reparos mais pesados e manutenção completa os chamados *OVERHAUL*, careciam de 200 horas de manutenção por hora de voo. Na década de 1950, um caça com uma vida operacional de 100 horas, requeria nada menos do que 100.000 horas de manutenção, ou seja, cada hora de voo disponível necessitava de 1.000 horas de trabalho de manutenção, distribuídas pelas horas totais de vida.

Uma figura mais ilustrativa e chocante, e que, realmente, impressiona, também escrita pelo Tenente Coronel Pierre M. Gallois, para a revista Interavia em 1952, fazendo conjecturas a respeito do custo de defesa para os países, é a de que para cada 30 segundos de tempo de disparo, requer-se 1.000 horas do pessoal de terra.

A manutenção desempenha papel preponderante na escolha de um novo equipamento para guarnecer uma força aérea, porém não é o único item, veem-se, neste histórico, o peso, as horas de manutenção e, agora, focar-se-á no preço dos aviões, comparativamente com os anos 1950.

Na 2º GM um caça de primeira linha custava US\$ 60.000 (*North American* P-51 *Mustang* - Fig. 46), em 1952, um caça a jato como o *North American* F-86 Sabre (Fig. 47), custava em sua versão mais simples US\$ 450.000, isto em um espaço de tempo de oito anos. Dizia-se que o custo dos aviões, após a guerra, era proporcional ao seu peso em prata, e em função da desigualdade de pesos de alguns equipamentos, havia alguns que tinham seu valor em peso de ouro ou platina.

Naquela época (1940), 80 a 90% do valor dos aviões advinham do valor da célula (estrutura básica: fuselagem, asas e estabilizadores) e do motor, como ainda uma

década e meia depois, 50 a 60% dos absurdos e inflacionados valores eram gastos com equipamentos de miras automáticas para tiro, equipamentos sem fio, radares e tantas outras coisas. O mundo, então, buscava soluções mais razoáveis para a crise dos orçamentos militares.



Figura 46 – *North American* P-51 *Mustang.*Fonte: (www.airliners.net).

# 4.4.4 Folland Gnat e a filosofia do caça de bolso

Foi neste momento que alguns projetistas começaram a busca pela forma simples e pela receita do que se chamou de *Pocket Fighter* ou caça de bolso.

Na Inglaterra, o pioneiro foi o engenheiro William Edward Willoughby Petter, diretor da indústria aeronáutica *Folland*. Apostando na redução de custos e melhor aproveitamento operacional dos caças leves, Petter um veterano projetista, autor de inúmeros projetos de sucesso, começou a desenvolver o que seria o caça britânico mais controverso da história.

Seu conceito que nasceu como um interceptador se baseou na teoria de que cada libra de peso em equipamentos adicionais causa um aumento de 10 libras no peso total do avião, então, o projetista resolveu simplificar sua máquina ao extremo, reduzindo suas dimensões e diminuindo acessórios, muitas vezes requeridos em excesso pelos contratantes, conforme discutido acima (HEINEMANN, 1955).



Figura 47 - *North American* F-86 Sabre. Fonte: (www.airliners.net).

O caça proposto por Petter foi o GNAT, fruto de estudos para um novo caça leve para a Inglaterra, foi desenhado a partir de um motor à reação fabricado pela empresa *Bristol* para ser utilizado em um míssil chamado Martin B-61 "matador", este motor a jato (*Bristol* BE-22 *Saturn*), foi interrompido em seu desenvolvimento, assim, como o míssil que iria utilizá-lo. Desta forma, o *Gnat* ficou sem possibilidade de execução, pois o motor proposto para ele não seria fabricado em série. O projetista da *Folland* então resolveu por conta própria (recursos), desenvolvê-lo. Após os fatos ocorridos a *Bristol* retomou os estudos para um novo motor turbojato leve e também por seu próprio risco fabricou o *Orpheus*, um motor muito mais potente capaz de gerar 4.850lbs (2.197 kg) de empuxo, contra as 3.750lbs (1.699 kg) de empuxo do BE-22, tinha a vantagem também de ser desenvolvido para uma longa vida operacional.

Esse motor foi crucial para o desenvolvimento do *Folland Gnat* (Fig. 48), em função de suas pequenas dimensões: diâmetro de 812,8 mm, Comprimento de 2463,8 mm e peso drenado de 385,05 kg. O motor era instalado na fuselagem atrás do piloto e, para a manutenção, o acesso era via a retirada do cone de cauda, como o avião tinha dimensões reduzidas não necessitava de andaimes e nem estantes, um banquinho era suficiente para o elemento que faria a manutenção (HEINEMANN, 1955).



Figura 48 - Folland Gnat trainer.
Fonte: (www.warbirdalley.com).

O mais surpreendente é que o projeto do *Gnat* foi rejeitado como um caça pelos britânicos, eles apenas fabricaram na Inglaterra o modelo de treinamento, chamado *Gnat Trainer*, que mais tarde iria integrar a esquadrilha de demonstração daquele país, os *RED ARROWS* (Flechas Vermelhas).

Algumas unidades foram vendidas à força aérea da Finlândia e a empresa HAL – *Hidustan Aircraft Limited* da Índia, fabricou 175, além de 40 aviões entregues em vários estágios de montagem. Ao todo foram 215 *Gnats*, que operaram na IAF – Força Aérea da Índia de 1958 até 1991 renomeados *Ajeet*, que quer dizer Invencível, estes aviões foram utilizados em combate, durante a guerra entre a Índia e Paquistão em 1965 e em função do seu grande desempenho frente aos *North American* F-86F Sabre paquistaneses, receberam o apelido de "Fatiadores de Sabres".

O valor de cada *Gnat* era ainda um convite a países de orçamento militar baixo. Com o valor de um F-86, poderiam ser construídos quatro *Gnats*, ou seja, segundo a Figura 49 abaixo, com 16.8 milhões de dólares americanos poderiam ser feitos 215 caças convencionais ou 900 *Gnats*.

O avião foi escolhido pelo governo Indiano por ser um avião que tinha uma estrutura muito simples, que não requeria um parque industrial muito moderno e nem muitos gabaritos para a produção.

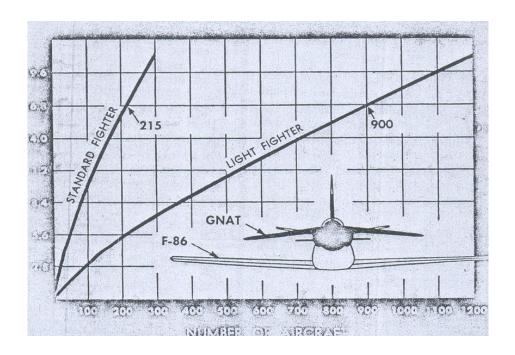


Figura 49 – Custo de produção versus número de aviões construídos, para os caças leves e os de filosofia normal de concepção.

Fonte: (AMERICAN AVIATION, 15 de março de 1954).

O Folland Gnat era feito todo em alumínio e ao contrário de outros aviões desenhados para os mesmos propósitos, ele tinha uma simplicidade de sistemas e célula sem precedentes, uma única peça era feita pelo processo de Forjamento. Esta peça em questão, acumulava várias funções: Ancoragem das asas, trem de pouso e canhões, por isso devia ser feita por este processo, garantindo sua maior resistência mecânica, sendo o restante de construção padrão aeronáutica metálica, com superfície tensionada (construção monocoque – rebites, tensores, longarinas e travessas, com revestimento atuante). Um desenho em duas vistas (Fig. 50) mostra as silhuetas comparativas do F-86 e do Folland Gnat.

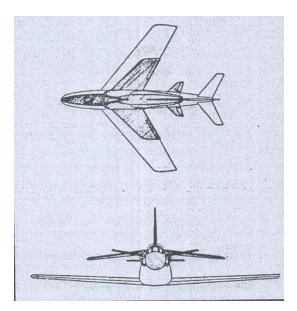


Figura 50 - Silhuetas comparativas do NAF-86 e *Folland Gnat.* Fonte: (*AVIATION WEEK*, 5 de abril de 1954).

Fácil perceber na figura acima colocada a redução de tamanho e por consequência materiais e, finalmente, custo final do avião. Mais interessante é que o pequenino notável cumpriu sua função de maneira exemplar na Força Aérea da Índia, o que muitos ingleses achavam duvidoso, para o uso desse avião em seu país.

# 4.4.5 A filosofia da solução mínima atravessa o Oceano Atlântico

Na Europa a motivação em escolher um avião mais barato, poderia ser justificada pela brutal diferença de PIB em relação à América do Norte, mas mesmo assim o governo Norte Americano após o conflito no teatro Europeu, começou a reduzir os valores destinados às forças armadas, marcando assim o começo da busca por soluções mais baratas também na América.

A renda per capta no período do pós-guerra na Europa era um quarto ou um quinto da renda média nos Estados Unidos (HEINKEL, 1952). Este fato sinaliza a diferença de riquezas entre os países aliados e o gigante norte-americano e é claro que sobre estas condições, a busca por soluções mínimas se iniciara no velho mundo.

Porém mesmo em condições mais fartas, o Sr. Edward Henry Heinemann, projetista da Douglas Company, que era engenheiro chefe desta empresa, resolveu se aventurar pelos mesmos caminhos, tendo como bandeira um conceito

formulado por ele, chamado "Fator de Crescimento", muito próximo à noção do Sr. Petter da *Folland*. Este fator sugere quanto o aumento de uma quantidade de equipamentos iria influenciar no aumento do peso total da aeronave, mantendo-se constante a resistência e o desempenho. Cada tipo de avião possuía um fator de crescimento de peso, cuja média utilizável sem prejuízos pode ser o número 10, ou seja, se aumentar em 1 kg de equipamentos em um projeto, não basta somar este quilo excedente no peso total do avião, mas multiplicá-lo por 10, ou seja, colocando-se um equipamento de 10% do peso do avião, ter-se-ia o dobro do peso final do avião ou 200% (Figura 51).

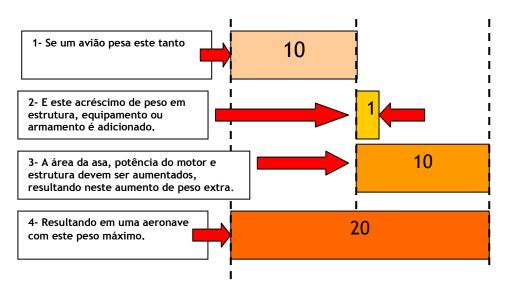


Figura 51 - Exemplo do aumento de 10% no peso de um jato com "fator de crescimento de 10".

Fonte: adaptado pelo autor deHeinemann (1955).

A materialização americana do novo conceito foi um avião de ataque ao solo, desenvolvido para a marinha norte-americana, que deveria ser utilizado embarcado em porta-aviões e pesar em torno dos 15.000 kg, todavia a redução em dimensional e de sistemas foi tanta que o avião acabou pesando menos da metade do número inicialmente proposto.

A empresa Douglas sempre teve certa habilidade com relação à redução de peso, havia sido assim nos últimos seis projetos em 1955, cujo peso ficara 1/3 do peso dos concorrentes, porém mesmo assim o espantoso sucesso veio com a criação do A-4 *Skyhawk*, este avião tinha dimensões reduzidas, uma asa em formato delta, resultando na diminuição de sua envergadura, e a consequente eliminação das

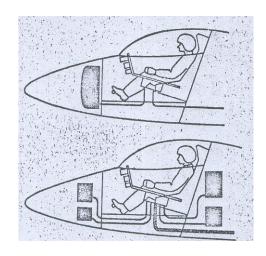
dobradiças nas pontas das asas, para que o avião coubesse nos elevadores e convés dos porta-aviões (Fig. 52).



Figura 52 - Foto do *Skyhawk* A4D-2, produzido pela empresa Douglas.

Fonte: (*US NAVY* – Foto oficial).

Seu sistema de rádio foi todo re-compactado, para caber em um espaço mínimo à frente do piloto, o assento ejetável também era mais leve e de dimensões reduzidas, sua cabine foi desenhada em torno do ocupante (piloto), baseando-se nos mais avançados estudos de Ergonomia da época (psicológicos e fisiológicos). Esta cabine foi testada utilizando-se modelos em escala real, para que os pilotos avaliassem. As asas funcionavam como um gigantesco tanque de combustível, a fuselagem era leve e bipartida para o acesso ao motor. (Fig. 53).



. Figura 53 – O peso dos equipamentos de rádio no A-4D, antes da compactação no desenho inferior, totalizando 71,8 kg, e após o refinamento com 49,8 kg, na parte superior do diagrama. Fonte: (HEINEMANN, 1955).

A grande ideia para fazer viável a redução de peso foi a eliminação do póscombustor, que é utilizado para se obter o voo supersônico. Nos aviões de ataque com longa autonomia, este recurso pode ser eliminado sendo o grande trunfo no A-4. O projeto foi a consolidação de uma nova filosofia, era possível se fazer um avião de combate, com tecnologia de navegação de ponta, armamentos e com capacidade para grande carregamento de armamentos, inclusive nuclear (importante no momento do início da guerra fria).

Com a economia de peso, poder-se-ia construir 2.4 vezes mais A-4 do que se o peso fosse mantido sobre os requisitos, para cada mil aviões construídos a economia seria de US\$ 400.000.000 (HEINEMANN, 1955).

Esse avião foi produzido por vinte e um anos e foram duas mil, novecentas e sessenta unidades construídas, com mais de dezessete variantes. Foi o avião militar norte-americano de mais longo tempo de produção. Foi utilizado pelas forças aéreas de Argentina, Austrália, Indonésia, Israel, Kuwait, Malásia, Nova Zelândia e Singapura. Viu-se ação em conflitos como a Guerra do Vietnã, oriente médio e Ilhas Malvinas. Atualmente, o Brasil (Fig. 54) utiliza 23 destes aviões, comprados por essa nação do Kuait no final da década de 1990 (www.shanaberger.com).



Figura 54 - Batizados de AF-1 os Douglas *Skyhawks* brasileiros foram comprados do Kuait em 1998 e operam a bordo do Navio aeródromo A-12/ São Paulo. Fonte: (http://blog.naval.com.br).

# 4.4.6 - O conceito e sua contemporização

Talvez o leitor já tenha com os diversos exemplos citados, percebido o que é a filosofia que permeia este trabalho, mas ainda há o que discutir para atualizar este conceito com quase setenta anos de existência.

A Solução Mínima se baseia em quatro pilares básicos (KOVÁCS, 1986):

- a- Assegurar baixo peso (almejar pequeno tamanho e simplicidade);
- b- Restringir os equipamentos, para o nível da necessidade operacional;
- c- Combinar quando e onde possível, mais de uma função (de preferência alternando), para o maior número possível de componentes do avião;
- d- Adotar uma "turbina" (motor à reação), de dimensões reduzidas, de peso e consumo específico baixo.

Kovács (1986) afirma que estes são os fundamentos de validade eterna e que podem ser utilizados até para o maior avião do mundo, porém de solução mínima.

Assegurar baixo peso, nos dias de hoje, parece um tanto mais fácil, pois os materiais compósitos, (que são, 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 aos materiais metálicos, e com maior resistência mecânica do que algumas ligas que por anos foram utilizadas na construção aeronáutica.

Dessa maneira, neste ponto, os projetos atuais têm tendência de migração e uso cada vez maior desta matéria-prima, indo ao encontro do princípio da solução mínima. As vantagens do uso dos materiais compósitos podem ser observadas na Tabela 21, onde há uma comparação entre duas fuselagens de um mesmo helicóptero, sendo uma feita em material compósito e outra em alumínio.

Tabela 21 – Comparação entre duas fuselagens de um mesmo helicóptero, uma se utilizando de material compósito e outra de projeto tradicional em Alumínio.

ITEM	Tipo de estrutura	
	Alumínio	Compósito
Número de componentes	11.000	1.530
Número de elementos de fixação	86.000	7.000
Peso em kg	2.126	1.488

Fonte: (DUPONT – catálogo do Kevlar®).

Pode-se notar na tabela acima que a redução de peso é da ordem de 637 kg, somente na fuselagem, ou seja, cerca de 30% do peso total da fuselagem; além disso, o número de elementos de fixação cai de 86.000 para 7.000 e os elementos estruturais passaram de 11.000 no Alumínio para 1.530 na estrutura desenhada e construída em material compósito.

O aspecto dimensional também é facilitado por esta redução de peso, tendo em vista que menor peso significa menor área de asa, para a geração de sustentação, e sabe-se que as asas ocupam boa parte da dimensão 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.

Já no item b, a análise tem de ser feita, considerando-se a mudança na tecnologia da eletrônica embarcada, da década de 50 até os dias de hoje, e a era da informática, que trouxeram a condição de termos equipamentos com múltiplas funções, integração de comunicação e navegação, gerenciamento de atividades da cabine, sendo isto tudo somado a um baixíssimo peso e a um grau de confiabilidade quase total. Estas são algumas diferenças com a época de ouro dos caças a jato até a terceira geração 1960-1970 e os modernos vetores de combate (KATSANOS, 2008).

Inclusive a aviação geral (civil e desportiva) já está utilizando destes recursos, onde antes, somente, a aviação militar tinha acesso, todavia todo desenvolvimento de tecnologia de ponta é caro e esta tecnologia deve ser adaptada, para outras aplicações quando, então, é difundida e justifica-se em termos de demanda, reduzindo seu custo em função da economia de escala. Pode-se hoje encontrar aviões monomotores que já saem de fábrica com instrumentos digitais, telas de cristal líquido, monitores multifuncionais, que integram a navegação à comunicação e aos instrumentos de motor, o que antes significava um número maior de instrumentos, menos sutis e leves. Um destes aviões monomotores é o CIRRUS, um sucesso de vendas em todo o mundo. Sua cabine nada fica a dever em relação a jatos executivos ou mesmo os aviões comerciais mais modernos (Fig. 55).



Figura 55 - Aeronave monomotor de quatro lugares Cirrus geração 3. Fonte: (www.cirrusdesign.com.br).



Figura 56 - Vista interna da cabine de comando do Cirrus G3. Fonte: (www.cirrusdesign.com.br).

Nota-se que a cabine possui dois displays de LCD (Fig. 56), que substituem os antigos instrumentos analógicos, apenas três deles funcionam como *back up*, no caso de pane da parte elétrica da aeronave. Por esta situação, acredita-se que este segundo item da filosofia assume uma menor importância, pois a redução de peso, dimensional e custos foram contornados pelo avanço da informática, eletrônica, barateamento e aprimoramento dos processos de produção. Lembre-se de que os telefones celulares há pouco mais de dez anos eram vendidos aos milhares de Reais e hoje são distribuídos pelas diversas operadoras a um custo simbólico para o consumidor, que pagará uma taxa de uso mensal para utilizá-lo, e não é preciso dizer na tecnologia e número de funções que estes acumulam.

O acúmulo de funções é um interessante item, porque ele congrega a tecnologia e a criatividade a serviço do projeto. Quando se concebe um projeto, pode-se ainda de maneira esquemática, pensar em componentes que possam desempenhar mais de uma função, isto é redução de peso na certa. O caso do *Folland Gnat* é o maior exemplo, a peça central da fuselagem (citada anteriormente na p. 133 deste trabalho), é a única peça feita por um processo mais caro e complicado e assume várias funções estruturais, de suporte do canhão a fixação das asas e trem de pouso. Alguns aviões experimentais também se utilizam deste recurso, sendo um dos exemplos o avião chamado de CRI-CRI MC-15 (grilo, em francês), desenhado

por Michel Colomban, na década de 60. Este avião é menor bimotor do mundo, medindo 3,90 m de comprimento, 4,90 m de envergadura, utiliza dois motores de 15 cavalos cada (Fig. 57).



Figura 57 - Aeronave MC-15 Cri-Cri.

Na cabine do Cri-Cri, encontra-se um assento simples, que utiliza o tanque de combustível como sua continuação para o apoio das pernas do piloto (Fig. 58).



Figura 58 - Painel do CRI-CRI, projetado por Michel Colomban, nota-se o apoio das pernas promovido pelo tanque de combustível.

O último dos requisitos da solução mínima é o que tem o maior impacto no aspecto ambiental, que é a escolha de um motor com baixo consumo de combustível e, neste caso, talvez este conceito também deva ser reformulado para a busca por novas fontes de energia para se mover o avião, como motores elétricos, ou híbridos.

O consumo dos motores a pistão é da ordem de 250 g/cavalo/hora de funcionamento e isto nos motores não muda muito, segundo entrevista do Sr. Kovács ao autor, no entanto, no caso dos motores à reação, pode-se fazer milagres, e é isto que as empresas buscam desenvolver: um motor com baixo consumo específico.