

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Josmar Carreiro Freitas

Modernização de Aeronaves Militares e o
Processo de Certificação Aeronáutica

Trabalho de Graduação
Ano 2004

Aeronáutica

Josmar Carreiro Freitas

**MODERNIZAÇÃO DE AERONAVES MILITARES E O
PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO AERONÁUTICA**

Orientador

Ten. Cel. Eng. Ary Guimarães Neto (ITA)

Co-orientador

Maj. Av. Wagner Farias da Rocha (IFI)

Divisão de Engenharia Aeronáutica

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

CENTRO TÉCNICO AEROESPACIAL

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2004

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Divisão Biblioteca Central do ITA/CTA

Freitas, Josmar Carreiro
Modernização de Aeronaves Militares e o Processo de Certificação Aeronáutica / Josmar Carreiro
Freitas.
São José dos Campos, 2004.
71f.

Trabalho de – Divisão de Engenharia Aeronáutica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica Graduação,
2004. Orientadores: Ten. Cel. Eng. Ary Guimarães Neto, Maj. Av. Wagner Farias da Rocha

1. Modernização. 2. Certificação. 3. Homologação. II. Centro Técnico Aeroespacial. Instituto
Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia Aeronáutica. III. Modernização de Aeronaves
Militares e o Processo de Certificação Aeronáutica

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FREITAS, Josmar Carreiro. **Modernização de Aeronaves Militares e o Processo de Certificação Aeronáutica**. 2004. 71f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

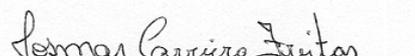
CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Josmar Carreiro Freitas

TÍTULO DO TRABALHO: Modernização de Aeronaves Militares e o Processo de Certificação Aeronáutica

TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2004

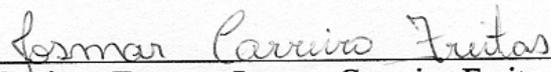
É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.



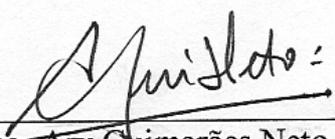
Josmar Carreiro Freitas
Rua Aristides Caire 244/403
Cep. 20775-090
Rio de Janeiro - RJ

MODERNIZAÇÃO DE AERONAVES MILITARES E O PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO AERONÁUTICA

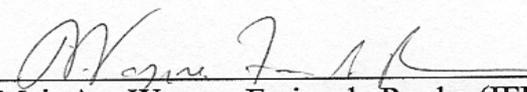
Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



Capitão-Tenente Josmar Carreiro Freitas
Autor



Ten. Cel. Eng. Ary Guimarães Neto (ITA)
Orientador



Maj. Av. Wagner Farias da Rocha (IFI)
Co-orientador



Prof. Dr Paulo Rizzi
Chefe da Divisão de Engenharia Aeronáutica

São José dos Campos, 26 de novembro de 2004

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pelo amor e cuidado que sinto a cada dia de minha vida, por Sua presença constante nos momentos de alegria e pela força que me ajuda a superar cada obstáculo. A Deus toda honra e toda glória.

À minha esposa Karen pelo apoio nos momentos difíceis e por estar sempre presente ao meu lado, amiga e companheira, incentivando e acompanhando cada etapa, mesmo longe de nossos familiares e amigos.

Aos meus orientadores por todo o apoio prestado durante a realização desse trabalho, permitindo o acesso à informação e principalmente ao conhecimento.

Aos meus pais, exemplo de vida, pelo amor, incentivo e educação de vital importância para minha formação, permitindo que tivesse toda a base para superar mais uma etapa e uma família que se importa e continua cuidando de mim.

A todos vocês o meu carinho e gratidão!

RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo o conhecimento do processo de certificação aeronáutica, motivado pelo processo de modernização dos caças F-5BR, da Força Aérea Brasileira, pela importância desse processo na garantia da segurança das operações aéreas e na visão prospectiva de uma possível modernização das aeronaves AF-1 Skyhawk, da Marinha do Brasil.

Durante o ciclo de vida de um produto aeroespacial e mais especificamente de uma aeronave, surge o momento em que se deve tomar a decisão de revitalizar, modernizar ou desativar esse produto devido ao nível de obsolescência em que se encontra.

Portanto, para o caso de uma revitalização ou modernização torna-se necessário a certificação desse novo produto. Esse processo consiste no reconhecimento oficial da conformidade com os requisitos previamente estabelecidos, através do acompanhamento das formas de comprovação previamente acordadas, por órgão competente.

Entretanto, a garantia da conformidade dos itens de série só poderá ser atingida se a empresa fornecedora adotar políticas de qualidade bem elaboradas com seus principais documentos, a saber: o plano de qualidade, o manual de qualidade e o plano de gerenciamento da configuração.

Sendo assim, o processo de certificação aeronáutico, em crescente divulgação, deve estar presente não apenas em novos produtos mas naqueles que sofrerem modificações em seu projeto inicial. Torna-se necessário, o conhecimento dos principais motivos e etapas para uma modernização bem sucedida. Para isso, foi apresentado um pouco da história do processo de modernização dos F-5BR e efetuou-se uma análise preliminar da possível modernização do AF-1 e do AMX, ressaltando-se as principais vantagens associadas a este processo.

ABSTRACT

This work has the objective to get in touch with the knowledge of the Aeronautical Certification process, motivated by the upgrade process from Brazilian Air Force F-5BR, for the importance of that process in the warranty of the safety in aeronautical operations and in the prospective vision of a possible modernization of the Brazilian Navy's AF-1 Skyhawk.

During the life cycle of an aerospace product and more specifically of an airship, there is a moment to make the decision among revitalizing, to modernize or to disable that product due to the obsolescence level in that meets.

Therefore, for the case of a revitalizing or modernization program it is necessary a certification process of that new product. That process consists previously of the official recognition of the conformity with the requirements established, by checking all of it.

However, the warranty of the conformity of the series items the company vendor can only be reached to adopt quality politics well elaborated with its main documents, to know: the quality plan, the quality manual and the plan of configuration management.

So, the aeronautical certification process, in growing popularization, it should not just be present in new products but in those that suffer modifications in its initial project. It becomes necessary, the knowledge of the main reasons and stages for a modernization well happened. For that, a little of the history of the process of modernization of the F-5BR was introduced and a preliminary analysis of the possible modernization of the AF-1 and AMX was made, the main advantages associated to this process being stood out.

Sumário

1.	<i>Disposições Gerais</i>	1
1.1	Objetivo	1
1.2	Histórico	2
1.3	Principais Definições	4
1.3.1	Sistemas De Armas	4
1.3.2	Aviônica	4
1.3.3	Produto	4
1.3.4	Produto Aeroespacial	4
1.3.5	Projeto	4
1.3.6	Certificação	5
1.3.7	Homologação de Produto Aeroespacial	5
1.3.8	Homologação de Empresas ou de Órgãos Governamentais	5
1.3.9	Convalidação de Produto Aeroespacial	5
1.3.10	Qualificação de Produto Aeroespacial	5
1.3.11	Conformidade	6
1.3.12	Material ou Sistema	6
1.3.13	Necessidade Operacional	6
2.	<i>Ciclo de Vida</i>	6
2.1.	Conceito	6
2.2.	Fases do Ciclo de Vida	7
2.2.1.	Conceitual	7
2.2.2.	Viabilidade	7
2.2.3.	Definição	7
2.2.4.	Pesquisa e Desenvolvimento	8
2.2.5.	Produção	8
2.2.6.	Implantação	9
2.2.7.	Utilização	9
2.2.8.	Revitalização/Modernização	9
2.2.9.	Desativação	10
2.3.	Síntese	10
3.	<i>Certificação Aeronáutica</i>	11
3.1.	Definição	11
3.2.	Fases de um Processo de Certificação	13
3.3.	Plano de Certificação	14
3.4.	Processo de Qualificação	15
3.5.	Garantia da Qualidade	16
4.	<i>Modernização</i>	17
4.1.	Modernização do F-5 BR	20
4.1.1.	<i>Histórico</i>	20
4.1.2.	<i>Descrição da Aeronave</i>	22
4.1.3.	Tomada de Decisão	24
4.1.4.	<i>Objetivos Estratégicos</i>	24
4.1.6.	<i>Desenvolvimento de Protótipos</i>	31

4.2. Modernização do A4	32
4.2.1. <i>Descrição da Aeronave</i>	32
4.2.2. <i>Missão</i>	34
4.2.3. <i>Histórico</i>	35
4.2.4. <i>Desempenho em vôo</i>	39
4.2.5. <i>Controles de vôo</i>	40
4.2.6. <i>Sistema Hidráulico</i>	41
4.2.7. <i>Trem de pouso</i>	41
4.2.8. <i>Sistema elétrico</i>	41
4.2.9. <i>Motor</i>	42
4.2.10. <i>Sistema de combustível</i>	42
4.2.11. <i>Armamento</i>	43
4.2.12. <i>Serviços de manutenção e apoio</i>	43
4.2.13. <i>Manutenção programada</i>	44
4.2.14. <i>Quem Modernizou</i>	45
4.2.14.1. <i>Israel Aircraft Industries (IAI)</i>	45
4.2.14.2. <i>Safe Air (New Zealand)</i>	46
4.2.14.3. <i>Singapore Aerospace</i>	47
4.2.14.4. <i>Malaysia</i>	48
4.3. Visão Prospectiva	49
4.3.1. <i>Modernização dos AMX</i>	49
4.3.2. <i>Modernização dos A-4 brasileiros</i>	57
4.4. Equipe Necessária	58
5. Conclusão	59
6. Referências Bibliográficas	60

Índice de Figuras

Figura 1 - Ciclo de Vida de um Produto Aeroespacial.....	10
Figura 2 - Evolução da Capacidade Operacional com o Tempo.....	19
Figura 3 - Situação Inicial e Proposta de Modernização - F-5.....	26
Figura 4 - Situação Após a Modernização - F-5.....	26
Figura 5 - Sistema Visão Noturna e HMD.....	27
Figura 6 - Simulação Safe Separation.....	28
Figura 7 - Assentos Ejetáveis MK-10.....	29
Figura 8 - Sistema de Reabastecimento em vôo – REVO.....	29
Figura 9 - Sistema Logístico.....	30
Figura 10 - Pista de Ensaios em GPX.....	31
Figura 11 - Linha de Montagem EMBRAER.....	31
Figura 12 - Protótipo F-5 BR.....	32
Figura 13 - A-4 Israelense.....	45
Figura 14 - Instalação do radar APG-66 no A-4 Argentino.....	46
Figura 15 - Aeronave da Força Aérea Real da Nova Zelândia.....	46
Figura 16 - Sistemas Modernizados – Nova Zelândia.....	47
Figura 17 - Aeronave do Comando de Defesa Aéreo de Singapura.....	48
Figura 18 - Aeronave da Força Aérea da Malásia.....	48
Figura 19 - Integração Entre as Aeronaves da FAB.....	49
Figura 20 - Sistema de Visão Noturna.....	50
Figura 21 - Radar SCP-01 (Scipio).....	50
Figura 22 - Cockpit Atual.....	51
Figura 23 - Novo Cockpit Dianteiro.....	51
Figura 24 - Novo Cockpit Traseiro.....	52
Figura 25- Sistema Integrado de Auto Defesa.....	52
Figura 26 - Integração de Sistemas no AMX.....	53
Figura 27 - A-1M – RIGHT SIDE.....	54
Figura 28 - A-1M – LEFT SIDE.....	54
Figura 29 - A-1M - FRONT FUSELAGE (Left Side).....	55
Figura 30 - A-1M - FRONT FUSELAGE (Right Side).....	55
Figura 31 - A-1M - EMPENNAGE.....	56

1. Disposições Gerais

1.1 Objetivo

O processo de modernização de aeronaves militares consiste em aumentar a capacidade operacional das aeronaves que se encontram em estado de obsolescência logística e operacional, mas com vida remanescente suficiente para viabilizar o investimento nesse processo.

Para tanto é necessário o desenvolvimento de capital humano capaz de coordenar as etapas, acompanhar os procedimentos chaves e garantir o cumprimento dos requisitos estabelecidos. Tal equipe pode levar anos para ser formada visto a complexidade e a necessidade multidisciplinar existente.

O conhecimento dos procedimentos atualmente empregados pela Força Aérea Brasileira foi o principal motivo para a consecução desse trabalho que visava ao aprendizado acadêmico das etapas previstas, mas acima de tudo à troca de experiências com quem efetua os processos de certificação e participa do desenvolvimento de novos sistemas d'armas, como projeto AMX, desenvolvido na Empresa Brasileira de Aeronáutica (EMBRAER) por um consócio de empresas brasileiras e italianas.

Ademais, no âmbito da Certificação Aeronáutica um estudo do Ministério da Defesa visa regulamentar esse procedimento, de forma a permitir uma maior integração entre as três Forças. Portanto, o conhecimento dessas atividades com uma visão prospectiva de uma possível modernização das aeronaves Skyhawk AF-1 da Marinha do Brasil, motivaram a realização desse trabalho, destacando-se sua importância no aspecto da segurança das operações aéreas e cumprimento dos requisitos estabelecidos.

1.2 Histórico

Os regulamentos aeronáuticos tiveram sua origem no período pós-guerra, tendo em vista o grande crescimento da indústria aeronáutica. Verificou-se a necessidade do estabelecimento de normas e procedimentos com o intuito de garantir o atendimento de requisitos técnicos, operacionais e de segurança das operações aéreas, bem como a garantia da qualidade da produção em série.

Tendo em vista a sua abrangência, percebe-se que tais normas e procedimentos acompanham todo o ciclo de vida de um produto aeroespacial, desde a sua concepção e conseqüente certificação até a sua desativação. Dessa forma, elas possuem uma característica bastante dinâmica podendo e devendo sofrer alterações, conforme o avanço tecnológico e os acontecimentos no meio aeronáutico.

Os produtos aeronáuticos podem ser classificados quanto ao seu emprego e, dessa forma, subdividem-se em produto aeronáutico de emprego civil e militar. No âmbito civil, as normas e requisitos estabelecidos visam primordialmente à segurança das operações aéreas aliada com a qualidade de vôo. Por outro lado, no âmbito militar, os produtos aeronáuticos estão sujeitos a condições extremas de operação, podendo trabalhar, muitas vezes, em suas condições limite de projeto. Dessa forma, suas normas são mais rígidas, pois têm por finalidade a garantia da segurança, juntamente com a necessidade do cumprimento da missão.

Conseqüentemente, existem regulamentos civis e militares empregados atualmente, segmentando inclusive em suas classes de atuação, a dizer: aeronaves de combate ou transporte militar, por exemplo.

No âmbito civil, os principais regulamentos adotados são: USA – FAR (Federal Aviation Regulations), Inglaterra – BACR (British Civil Airworthiness Regulations), França – AIR (Reglement's d'Air), Europa – JAR (Joint Airworthiness Regulations) e Brasil – RBHA (Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica).

O Brasil optou por empregar os mesmos requisitos e procedimentos utilizados pelos Estados Unidos e, por isso, o RBHA possui estrutura muito similar ao FAR. Logo, os documentos de apoio e referência são os mesmos. Isso se reflete no âmbito militar onde também são utilizadas as normas “Military Handbook”, “Military

Specification”, “Military Standard” e documentos sob o título “Applicable Documents”, de procedência dos Estados Unidos da América.

O Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) [10], órgão pertencente à estrutura do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), foi criado em 1971 com a missão de fomento, coordenação e apoio ao desenvolvimento industrial no setor aeroespacial.

O IFI é o órgão certificador no Brasil que, para tanto, conta com duas divisões para atender a demanda civil e militar. São elas as divisões de Homologação Civil (FDH) e de Certificação de Produto Aeroespacial (FCP), respectivamente. O IFI atua, ainda, na área de Confiabilidade Metrológica Aeroespacial e Coordenação e Fomento Industrial.

Inicialmente, a aquisição de produtos prontos da indústria internacional não gerava a necessidade de realização de uma nova certificação, mas apenas uma aceitação internacional tendo em vista que os produtos já eram utilizados em outros países e possuíam claras evidências de atendimento de seus requisitos. Entretanto, verificou-se um grande desenvolvimento da indústria aeronáutica nacional em conjunto com a indústria bélica através de projetos desenvolvidos no CTA e pela EMBRAER. O marco principal pode ser atribuído ao projeto AMX, na década de 80, quando surgiu a necessidade do controle e acompanhamento da pesquisa, desenvolvimento do projeto e da produção em série.

O projeto de desenvolvimento do Super-Tucano, AL-X, também representa um grande momento na indústria aeronáutica militar nacional. O projeto teve início na década de 90, a partir de uma nova concepção, desenvolvimento e industrialização também executados pela EMBRAER, e apresenta-se no dias atuais em seu processo final.

Durante o ciclo de vida da aeronave F-5, uma análise de viabilidade apontou a necessidade e a possibilidade de modernização dessas aeronaves, que passarão a ser denominadas F-5BR. Esse processo, ainda em desenvolvimento, permitirá uma autonomia logística e operacional muito maior para a Força Aérea Brasileira, além de permitir a integração entre suas aeronaves. Ressaltando-se a nova aeronave AL-X e as participantes do projeto SIVAM, R-99 A e R-99 B.

O processo de certificação e a gestão da qualidade têm papel primordial nesse processo garantindo o atendimento dos requisitos, qualidade da série, gestão da configuração e cumprimento da missão.

Atualmente, o Brasil utiliza um conceito bastante abrangente de certificação que engloba os processos de homologação, convalidação, qualificação e validação de certificação que serão mais bem detalhadas no transcurso do trabalho.

1.3 Principais Definições

1.3.1 Sistemas De Armas – São aeronaves e outras plataformas, armamentos e equipamentos, de “per si” ou formando conjuntos interligados, que interagem para levar o poder destruidor das armas ao alvo [6];

1.3.2 Aviônica –Sistemas tipicamente relacionados com as funções de comunicações, navegação e vigilância. [13]

1.3.3 Produto – Resultado de um processo [1];

1.3.4 Produto Aeroespacial – Qualquer produto aeronáutico ou espacial. Este conceito abrange as aeronaves, veículos espaciais, produtos para apoio logístico (publicações técnicas, equipamentos de apoio no solo e serviços de manutenção), infra-estrutura de apoio à navegação aérea (telecomunicações aeronáuticas, meteorologia aeronáutica e auxílios à navegação aérea), facilidades do sistema aeroportuário que possam afetar a segurança de vôo, infra-estrutura de apoio operacional às atividades espaciais (instalações de solo para ensaios de sistemas espaciais, para lançamento de satélites e cargas úteis, para receber, retransmitir, processar e disseminar informações, para controlar a operação de satélites e de plataformas orbitais) e todos os seus componentes (subconjuntos, módulos, peças, equipamentos, acessórios, armamentos, munições, programas para computador) [1]. Esse conceito pode ser simplificado verificando-se o emprego do produto em questão, caso seja de uso aeroespacial será considerado Produto Aeroespacial;

1.3.5 Projeto - Conjunto organizado de documentos que define todas as características de um produto e fornece informações apropriadas para sua fabricação [1];

1.3.6 Certificação – Emissão de um certificado de reconhecimento oficial da conformidade com os requisitos estabelecidos [1]. Esse conceito é aplicado à homologação, convalidação, qualificação e aprovação de modificação de produto aeroespacial, certificação de sistema de gestão da qualidade da organização fornecedora, verificação da qualidade e autorização de retorno à operação do produto;

1.3.7 Homologação de Produto Aeroespacial – reconhecimento oficial, por parte de organização certificadora, mediante emissão de Certificado de Homologação, de que o projeto deste produto, produzido com os meios técnicos a serem utilizados na produção em série, com as características de projeto e construção, além de características funcionais previstas em um requisito ou em uma especificação técnica que individualiza o material, acessório ou equipamento está em conformidade com os requisitos relativos à segurança e cumprimento de missão aprovados [1];

1.3.8 Homologação de Empresas ou de Órgãos Governamentais – reconhecimento oficial, por parte de organização certificadora, mediante emissão de Certificado, de que o sistema de gestão da qualidade implantado em uma organização fornecedora está em conformidade com os requisitos estabelecidos [1]. Procura-se garantir que a situação organizacional, capacidade técnica e industrial e de garantia da qualidade sejam consideradas satisfatórias para executar as atividades de desenvolvimento, produção, manutenção e armazenamento de um determinado produto aeroespacial.

1.3.9 Convalidação de Produto Aeroespacial – Reconhecimento oficial por parte de organização certificadora, mediante emissão de um Certificado de Convalidação de que, para os exemplares produzidos em conformidade com o projeto do produto homologado, por uma organização diferente daquela à qual foi concedido o respectivo Certificado de Homologação de Produto Aeroespacial, é mantido o atendimento aos requisitos relativos à segurança e ao cumprimento da missão, verificado por ocasião da homologação [1].

1.3.10 Qualificação de Produto Aeroespacial – Reconhecimento oficial por parte de organização certificadora, mediante emissão de um Certificado de Qualificação, de que o projeto da instalação e da integração deste produto em um

sistema está em conformidade com os requisitos relativos à segurança e ao cumprimento da missão [1].

1.3.11 Conformidade – Constatação, através do competente exame ou ensaio, de que o material está de acordo com as especificações aprovadas;

1.3.12 Material ou Sistema – Compreende: equipamentos integrantes de sistemas; equipamentos individuais; subconjuntos, módulos, componentes, acessórios, partes e peças de equipamentos; aeronaves e equipamentos de seus sistemas; armamentos; munições; instrumentos; manuais técnicos e outros itens de emprego no Comando da Aeronáutica [6];

1.3.13 Necessidade Operacional – Constatação de uma carência ou deficiência cuja superação para o cabal desempenho da missão depende do fornecimento de um novo material ou sistema ou de modificações de um já existente. Neste conceito inserem-se, também, as necessidades logísticas [6].

2. Ciclo de Vida

2.1. Conceito

O ciclo de vida consiste na seqüência de atividades relacionadas com o produto que compreende desde a percepção de uma necessidade operacional (NOP), estabelecimento de seus requisitos, seleção do fornecedor para desenvolvimento e produção, emprego, modernização ou revitalização, e desativação.

Verifica-se que existem autores que apresentam diferentes divisões para as fases do ciclo de vida, como a divisão em duas fases principais: a fase de aquisição e a fase de utilização. Essa por sua vez compreende a fase de uso do produto, desativação e venda. Enquanto aquela compreende o projeto preliminar conceitual, projeto detalhado, desenvolvimento e a produção e/ou construção [8].

Optou-se por tomar como referência o Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica [6], pois permitem uma visão detalhada de cada etapa, permitindo estabelecer um método de planejamento e execução das fases e principais eventos do

Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica. Assim é possível identificar as fases do ciclo de vida e entender o fluxo de informações necessário.

2.2. Fases do Ciclo de Vida

2.2.1. Conceitual

Inicialmente, tem-se a fase conceitual, em que se procede a detecção de uma necessidade e a elaboração dos requisitos preliminares, para o material ou sistema destinado à satisfação dessa necessidade.

No âmbito da Força Aérea Brasileira, o Estado Maior da Aeronáutica (EMAER), após a identificação de uma necessidade operacional, emite os Requisitos Operacionais Preliminares de um produto aeroespacial, que serão transformados, junto ao órgão especializado, nos Requisitos Técnicos Logísticos e Industriais Preliminares (RTLIP).

2.2.2. Viabilidade

Nessa fase efetua-se um planejamento sintético do Ciclo de Vida com a elaboração de todos os órgãos intervenientes, onde são analisadas as alternativas, avaliados os riscos, os prazos e o custo/benefício e decidida a estratégia de realização.

Dessa forma, os requisitos estabelecidos na fase anterior são analisados por especialistas que verificam a viabilidade operacional do projeto apresentando, no que diz respeito à aplicabilidade, praticabilidade e aceitabilidade apresentando, preliminarmente, informações de caráter técnico, logístico e financeiro.

2.2.3. Definição

Decidida a estratégia de realização, é feito nesta fase um estudo detalhado para a definição do material ou sistema, incluindo: estudos de engenharia, modelos para simulação, objetivos de nacionalização e planos preliminares de pesquisa e desenvolvimento e de capacitação industrial. São também definidos os Requisitos Operacionais Básicos (ROB), os Requisitos Técnicos Logísticos e Industriais Básicos (RTLIB), as especificações de projeto e os objetivos de custo e prazo. Esta fase

termina com a seleção da(s) empresa(s) para a Pesquisa e o Desenvolvimento (ou para a compra) e a elaboração da(s) minuta(s) de contrato(s).

Ou seja, o EMAER estabelece os ROB, de acordo com a estratégia adotada tendo em vista as restrições operacionais e financeiras estabelecidas. O Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento, através do CTA, emite os Requisitos Técnicos Logísticos e Industriais Básicos (RTLIB).

Os RTLIB permitirão às empresas gerar uma proposta oficial de Especificação Técnica, que corresponde a um conjunto de dados técnicos definindo as características de desenvolvimento, produção, emprego e manutenção do material ou sistema, essenciais para o desempenho da missão e para a segurança em serviço; incluem também, os procedimentos para verificar se tais características são atingidas [6]. Assim, efetua-se a seleção da empresa para a pesquisa ou desenvolvimento do produto ou para a compra.

2.2.4. Pesquisa e Desenvolvimento

Nesta fase o projeto do material ou sistema é conduzido para um estado no qual ele esteja pronto para entrar em produção seriada. São executados os Planos de Pesquisa e Desenvolvimento, de Nacionalização e Transferência de Tecnologia e de Verificação, Ensaios e Homologação. São também confeccionados os Planos de Implantação e tomadas as providências sobre a seleção de empresas e minutas de contrato, visando à preparação para a produção.

2.2.5. Produção

Esta fase seguir-se-á normalmente à Fase de Desenvolvimento no momento em que houver segurança suficiente do êxito do projeto e a respectiva autorização da autoridade competente.

No caso da aquisição de produtos já desenvolvidos (no País ou no exterior), esta fase terá início tão logo seja decidida a estratégia de aquisição (Fase de Viabilidade), considerados os passos aplicáveis da Fase de Definição.

2.2.6. Implantação

Nesta fase procedem-se as ações necessária para o recebimento, distribuição e ativação ou emprego operacional, bem como para proporcionar o apoio logístico ao material ou sistema.

2.2.7. Utilização

Nesta fase desenvolvem-se as atividades operacionais e logísticas, abrangendo-se, também, os aspectos de controle da garantia, avaliação de desempenho e análise da expectativa de vida.

2.2.8. Revitalização/Modernização

Nesta fase são introduzidas modificações no material/sistema ou substituição de partes do mesmo, com vistas à restauração ou evolução da sua capacidade operacional ou funcional que, no decorrer de sua Fase de Utilização, sofreu perda ou degradação de sua eficiência, ou tornou-se obsoleto ou desatualizado tecnologicamente, gerando dificuldades no suprimento, na manutenção ou na própria operação, prejudicando o essencial que é o cumprimento da missão.

Sendo assim, é necessária a realização de uma análise estrutural para uma verificação preliminar da vida útil estrutural remanescente da aeronave. Tal procedimento definirá a viabilidade de um processo de revitalização ou modernização, que consiste em modificar o produto sem alterar sua missão ou função e modificar o produto para a realização de uma nova missão ou função, respectivamente.

Tabela 1 – Principais Documentos Força Aérea Brasileira

EMAER	DEPED/CTA
ROP	RTLIP
ROB	RTLIB

ROP – Requisitos Operacionais Preliminares

ROB – Requisitos Operacionais Básicos

RTLIP – Requisitos Técnicos Logísticos e Industriais Preliminares

RTLIB – Requisitos Técnicos Logísticos e Industriais Básicos

Analogamente, a Marinha do Brasil possui seus documentos que partem do Estado Maior da Armada (EMA) e do Comando de Operações Navais (ComOpNav). Tais documentos são revisados, porém continuam com o mesmo nome, acompanhados apenas do seu controle de revisão.

Sendo assim, segue a relação dos documentos empregados:

Tabela 2 – Principais Documentos Marinha do Brasil

EMA	ComOpNav
REM	RANS

REM – Requisitos de Estado Maior

RANS – Requisitos de Alto Nível de Sistemas

3. Certificação Aeronáutica

3.1. Definição

A Certificação Aeronáutica consiste na emissão de um Certificado de reconhecimento oficial da conformidade com requisitos estabelecidos [1], ou seja, constatação, por um órgão isento e independente, através do competente exame ou ensaio, de que o material está de acordo com as especificações aprovadas. Portanto, a certificação visa à garantia da segurança das operações aeroespaciais e ao cumprimento da missão, descritos pelas normas e requisitos previamente estabelecidos.

Dessa forma, verifica-se que o órgão certificador tem a função principal de atestar/verificar que determinado produto preenche ou atende a requisitos previamente estabelecidos. A ele não cabe uma revisão de projeto, por exemplo, mas sim a identificação de não conformidades, caso existam.

Para tanto, tem como principais atribuições acompanhamento de ensaios, análise de: documentos, cálculos e relatórios, atestando, assim, a veracidade das informações do órgão solicitante, baseado no conjunto de normas e procedimentos em vigor.

O processo de certificação aeronáutica é efetuado de acordo com o seu tipo, ou seja, poderão ser certificadas tanto Organizações quanto Produtos Aeroespaciais.

Uma Organização poderá receber um certificado de Organização Fornecedora mediante a confirmação de que o sistema de gestão da qualidade implantado está em conformidade com os requisitos estabelecidos.

Um Produto Aeroespacial receberá um certificado de **homologação** reconhecendo que o projeto do produto está em conformidade com os requisitos relativos à segurança e características de desempenho. Poderá ainda receber um certificado de **qualificação** reconhecendo que o projeto da instalação e da integração deste produto em um outro sistema está em conformidade com os mesmos requisitos.

Caso o produto seja produzido por uma organização diferente daquela em que foi concebido o respectivo certificado de homologação, deve-se efetuar uma certificação denominada **convalidação** para que seja mantido o atendimento aos requisitos relativos à segurança e ao cumprimento da missão, verificado por ocasião da homologação.

Um produto aeroespacial com reconhecida segurança operacional e atendimento dos requisitos, adquirido de outros países, poderá ser aceito sem a necessidade de realização de todos os procedimentos de certificação. Através de acordos estabelecidos entre órgãos certificadores dos países, firmam-se parcerias para a aceitação de seus certificados, tendo em vista os diferentes regulamentos existentes, entre os países, e o dinamismo do surgimento de novas tecnologias, acarretando uma constante revisão em normas e procedimentos. Dessa forma, o processo de **validação da certificação** consiste no reconhecimento da certificação do Produto Aeroespacial

e/ou da Organização Fornecedora concedida por organização certificadora de outro país, por intermédio do estabelecimento de acordos bilaterais.

3.2. Fases de um Processo de Certificação

Um típico processo de certificação é composto por quatro fases: assessoramento, planejamento, execução e aprovação.

Na fase de assessoramento o órgão certificador exerce esse papel junto ao órgão solicitante e ao interessado. De uma forma geral, este corresponde ao órgão que estabeleceu os requisitos, e de uma forma mais específica ao Comando da Aeronáutica, principal órgão público que estabelece requisitos para produtos de uso aeronáutico no âmbito militar. O solicitante é aquele que quer certificar o produto, a EMBRAER, por exemplo, e o órgão certificador é o IFI.

Nesse caso, a assessoria diz respeito à redação, elaboração de requisitos e também à redação e elaboração de cláusulas contratuais diretamente relacionados às atividades de certificação e garantia da qualidade.

Depois de estabelecidos os requisitos a serem comprovados, as normas que serão utilizadas, as diretrizes e os procedimentos a serem adotados na comprovação destes requisitos e os órgãos envolvidos na certificação, torna-se necessário o planejamento do processo de certificação.

Durante a fase de planejamento, são estabelecidos os grupos de trabalho que analisam toda a documentação inicial para o processo de certificação. Esse grupo fica sob a liderança do coordenador do processo de produto, responsável pela coordenação de todas as atividades de certificação de responsabilidade do órgão certificador. O solicitante apresenta os documentos da garantia da qualidade e o plano de certificação que depois de aprovados passam para a fase de execução.

Agora, tudo que foi planejado é colocado em prática e todas as não conformidades encontradas sanadas até que o órgão certificador efetua a aprovação, após analisar e acompanhar todo o processo, última fase do processo.

A aprovação consiste no registro final e formal do processo de certificação conduzido, com a formulação do relatório final de certificação e entrega de certificado.

3.3. Plano de Certificação

O plano de certificação pode ser considerado, de uma forma geral, o principal documento de um processo de certificação seja ele de homologação, convalidação ou qualificação. Todos os demais documentos e atividades desse processo deverão estar coerentes com as informações apresentadas nesse plano.

Esse documento é de responsabilidade do solicitante que descreve, de forma objetiva, como pretende comprovar que seu produto atende aos requisitos de segurança e cumprimento de missão.

Ele é apresentado para o órgão certificador que o analisa criteriosamente, informando correções necessárias ou sugestões para que seja redigida uma versão final.

De forma simplificada, o plano de certificação contém as seguintes informações: objetivo, característica do produto, base de certificação, tabela de comprovação de conformidade (Compliance Check List), cronograma de atividades e análise de segurança.

A Base de Certificação consiste no conjunto de requisitos técnicos e operacionais que um produto aeroespacial deve atender e que traduzem as características de segurança operacional e de cumprimento da missão. Nela sempre está presente a especificação técnica e poderão ainda estar inclusos os requisitos operacionais, normas aplicáveis ou outros documentos que definam características técnicas e/ou operacionais do produto aeroespacial.

A Tabela de Comprovação de Conformidade (TCC) é a principal fonte de informação de um plano de certificação e contém basicamente, a relação de todos os requisitos que devem ser cumpridos e a forma de comprovação de cumprimento estabelecida para cada um dos itens relacionados.

Uma TCC contém, ao menos, a identificação do requisito, o título do requisito, os modos propostos para a comprovação de seu cumprimento, a identificação do método de comprovação de requisito, a identificação dos documentos relacionados ao modo de comprovação de cumprimento de cada requisito e seu local de realização.

Com esses documentos, o órgão certificador possui subsídios para acompanhar e analisar todo o processo, destacando um representante credenciado para acompanhar os ensaios previstos na TCC, com o papel de atestar todo o procedimento ocorrido durante os ensaios.

3.4. Processo de Qualificação

Um acessório ou um equipamento, regularmente homologado, pode ser instalado sobre e/ou complementarmente a um outro equipamento desde que seja verificada[2]:

3.4.1 A plena compatibilidade técnica e funcional, entre a especificação técnica ou o requisito técnico pertinentes, e os requisitos de operação previstos para sua instalação sobre o equipamento principal;

3.4.2 A plena compatibilidade entre o seu funcionamento e o funcionamento de todos os outros componentes do equipamento principal, na configuração cuja instalação estiver aprovada.

Tais verificações são documentadas a fim de justificar e provar a sua compatibilidade e/ou seu emprego.

Exemplos: São, por exemplo, sujeitos à certificação de aprovação de instalação:

A instalação de uma bússola magnética de emergência em um determinado avião (acessório sobre “equipamento principal”); a instalação de uma bomba de combustível (acessório complementar sobre “equipamento principal”); a instalação de um motor com nova configuração em um avião (“equipamento” sobre “equipamento principal”).

3.5. Garantia da Qualidade

Percebe-se nesse momento, a importância da certificação para a garantia de atendimento dos requisitos. Contudo, verifica-se que o processo de certificação analisa a conformidade do sistema que foi verificado, sem garantias da conformidade de sua série. Para isso torna-se imprescindível a elaboração de documentos relacionados à Garantia da Qualidade, como o Manual da Qualidade, Plano da Qualidade e Plano de Gerenciamento da Configuração.

Sendo assim, o órgão solicitante apresenta o manual da qualidade, documento que descreve a política de qualidade adotada, que será analisado e aprovado pelo órgão certificador. O plano de qualidade é o documento que estabelece as práticas, os recursos e a seqüência de atividades relativas à qualidade do produto que também sofre análise e aprovação. Por último, o gerenciamento da configuração consiste no conjunto de atividades que visam à identificação/documentação da configuração do produto, bem como o controle, a contabilidade e auditoria de sua configuração.

Para verificar e garantir o cumprimento dos procedimentos estabelecidos nesses documentos, surge a figura do Representante da Garantia da Qualidade (RGQ) que, durante a certificação do produto e sua produção, acompanha e checa todos esses parâmetros.

Os RGQ são especialistas credenciados pelo CTA/IFI para executar atividades de homologação, convalidação ou qualificação de produtos aeroespaciais. Assim, suas principais atribuições são: assessorar o solicitante nas atividades necessárias à certificação de um produto, testemunhar ensaios e inspeções e realizar verificações no sistema da qualidade de empresas.

4. Modernização

Durante o ciclo de vida de uma aeronave, verifica-se uma gradativa diminuição de sua capacidade operacional devido a problemas estruturais, devido à fadiga e corrosão, e obsolescência de equipamentos. Este, por sua vez, prejudica o apoio logístico necessário à operação, pela dificuldade de substituição de peças por ausência no mercado ou pela elevação dos custos associados à manutenção e aquisição de peças sobressalentes, tornando-se, muitas vezes proibitivos. Com o avanço tecnológico acentuado, os custos operacionais de sistemas antigos tornam-se proibitivos e verifica-se que em alguns equipamentos ocorre uma perda de sua confiabilidade, pondo em risco a segurança das operações aéreas.

Sendo assim, é necessária a realização de uma análise estrutural para uma verificação preliminar da vida útil estrutural remanescente da aeronave. Tal procedimento fundamentará a escolha entre o processo de revitalização ou modernização, de vital importância tendo em vista que a revitalização da aeronave deverá ser planejada garantindo-se o suprimento dos sistemas não modernizados e a possibilidade de emprego da aeronave em novas operações/missões e com novos armamentos.

Além disso, a revitalização seguida de uma futura modernização indisponibilizaria a frota por dois longos períodos e não garantiria que equipamentos substituídos na revitalização pudessem operar após a modernização, por uma possível incompatibilidade. Sendo assim, apresenta-se nesse trabalho uma justificativa para a realização de apenas uma modernização ao longo da vida útil da aeronave.

Um processo de modernização inicia-se com um levantamento preliminar dos sistemas críticos da aeronave, definindo-se sua obsolescência, necessidade de incremento da missão da aeronave e suporte logístico que será necessário para efetuar as alterações.

Podem-se estabelecer algumas etapas a serem analisadas no processo de modernização:

1. Análise e Reforma Estrutural – Consiste na realização de uma inspeção geral da estrutura do avião, analisando-se a vida remanescente estrutural da aeronave. Análise das alterações estruturais propostas bem como seu

registro. Preparação da aeronave para modernização com a remoção de componentes como motores e trens de pouso para revisão.

2. Análise do Projeto – Com base nas alterações propostas deve-se avaliar o novo projeto, pois a nova configuração sofrerá alteração das características básicas como peso e posição do centro de gravidade. Portanto, uma nova análise de cargas, resistência estrutural e dos efeitos aerelásticos, de vibração, aerodinâmicos e de ergonomia bem como a verificação do sistema de controle ambiental são necessários.
3. Definição de Obsolescência – Deve-se identificar os itens que não se encontram mais disponíveis no mercado, aqueles que possuem custos operacionais proibitivos e aqueles que possivelmente estarão obsoletos durante a vida da aeronave ou que limitarão sua capacidade operacional ou de integração de novos sistemas.
4. Modernização e Integração de Sistemas – Deve-se avaliar a necessidade de modernização dos aviônicos, que possibilitariam uma integração de sistemas e de armamento levando a aeronave para uma classificação de aeronave de quarta geração (Figura 2).
5. Apoio Logístico – Deve-se analisar o apoio logístico necessário para o atendimento da demanda prevista, com priorização para a nacionalização e comunalidade com sistemas em utilização. Isso permitirá uma maior autonomia nacional no que tange à manutenção de seus equipamentos, garantindo uma independência logística e tecnológica nos momentos em que se fizer necessário o seu emprego para a garantia da soberania.

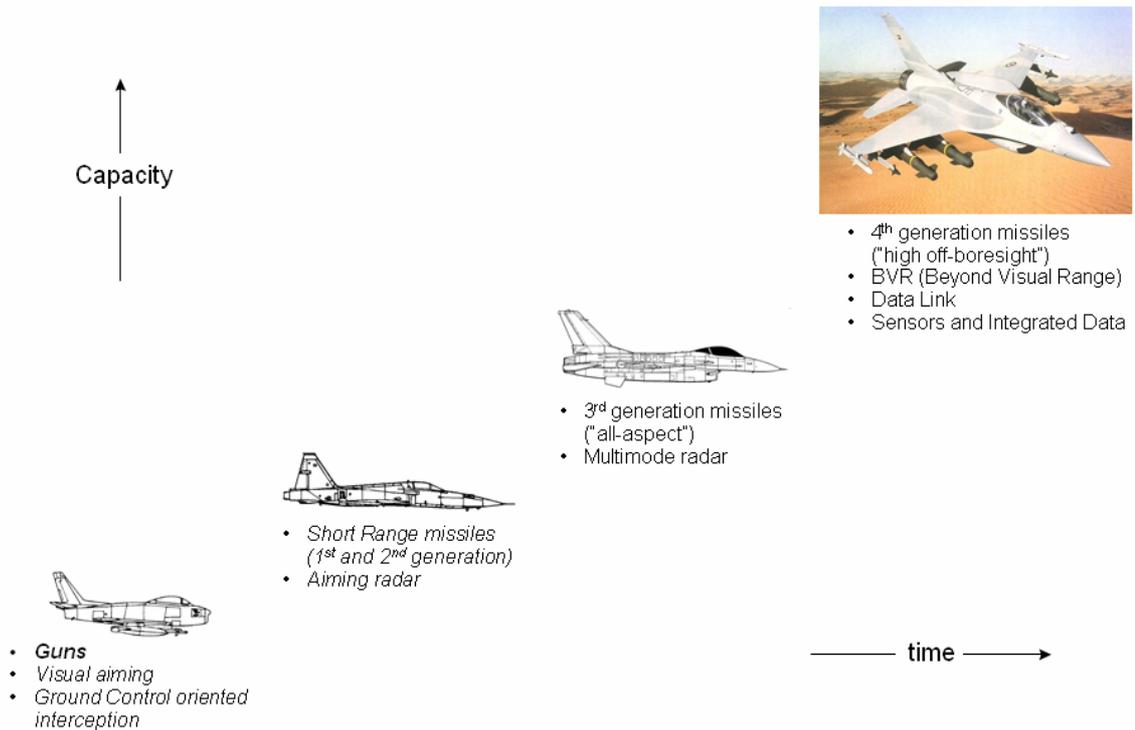


Figura 2 - Evolução da Capacidade Operacional com o Tempo

Finalmente, após a fase de planejamento e desenvolvimento tem-se o afastamento da aeronave para a fase de desenvolvimento do produto, isto é, o processo de modernização propriamente dito.

Em um processo de criação de um novo produto, existe todo o procedimento de certificação necessário para a comprovação dos requisitos, previstos em norma. Contudo, em um processo de modernização alguns sistemas são reutilizados não sendo necessário submetê-los a uma nova comprovação de conformidades. Um exemplo clássico a referir-se consiste na utilização da mesma motorização, neste caso não é necessária a comprovação dos requisitos referente aos motores.

Sendo assim, no processo de modernização dos F-5BR e para a comprovação dos novos requisitos utilizou-se um Plano de Verificação e Aceitação (PVA).

O PVA é reconhecidamente um documento bastante complexo e, da mesma forma que as normas como FAR, pode permitir interpretações que são sanadas através de reuniões entre as partes envolvidas no processo. Contudo, ele é um dos responsáveis pela redução do tempo de afastamento das aeronaves e pela redução dos

custos. Ele é de vital importância para a conclusão do processo de modernização, pois garante o atendimento dos requisitos previamente estabelecidos.

4.1. Modernização do F-5 BR

4.1.1. Histórico

Os primeiros Northrop F-5 Tiger encomendados pela Força Aérea Brasileira para reforçar sua capacidade ar-ar e ar-superfície chegaram diretamente da fábrica, trasladados por pilotos brasileiros, ao longo do ano de 1974. Eram trinta e seis caças F-5E monopostos e seis bipostos F-5B, estes, na verdade, de versão mais antigas, construídos para servirem de treinadores para o F-5A cuja capacidade operacional era inferior.

Dos quarenta e dois aviões, vinte e oito foram enviados para a Base Aérea de Santa Cruz – onde equiparam os dois esquadrões do 1º grupo de Aviação de Caça (1º GAvCA) – enquanto os quatorze restantes foram alocados para a Base Aérea de Canoas, região metropolitana de Porto Alegre, onde passaram a voar no 1º/14º GAv, o esquadrão Pampa.

Ao longo dos quatorze anos seguintes, esses aparelhos ajudaram a alçar a aviação de caça da FAB para um novo nível de operacionalidade, uma vez que permitiram que a Força realizasse não somente a interceptação supersônica, mas também que mantivesse intacta a doutrina ar-solo que a caracterizava.

Em 1988, diretamente da Força Aérea dos Estados Unidos (USAF), foram adquiridos mais vinte e dois caças F-5E e quatro F-5F bipostos, cada um com três mil horas voadas em média. Quatorze anos após a primeira leva, eles chegavam para repor as aeronaves de combate perdidas pelo atrito natural de treinamento.

Esses vinte e seis aviões tinham sido comprados por intermédio do FMS – Foreign Military Sales (programa de vendas ao exterior do governo norte-americano), por preços bastante atraentes (na época, as condições para a aquisição de novos sistemas de armamento eram bastante difíceis para as Forças Armadas Brasileiras). Eles vieram diretamente de organizações Aggressor, elementos especializados em treinar unidades de primeira linha da USAF nos segredos do combate aéreo. Por

operarem em missões curtas de instrução, não eram providos de sistema de reabastecimento em vôo.

Como havia diferenças entre os aviões dos dois lotes, os caças foram remanejados, os mais antigos indo para Santa Cruz enquanto que os do segundo lote passavam a compor o inventário de Canoas.

Em 1991, tendo constatado que seus caças precisavam de um sistema moderno de navegação e ataque, e notando que os aviônicos de suas aeronaves de primeira linha se encontravam defasados, a FAB emitiu Requisitos Operacionais Preliminares (ROP) que logo geraram Requisitos Técnicos Logísticos Industriais Preliminares (RTLIP) elaborados pelo Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento (DPED). Convém lembrar que àquela altura, o caça de ataque AMX já estava em operação no Brasil. Seu desenvolvimento e adoção forma de suma importância para a decisão de se modernizar a frota de F-5E/F da FAB, uma vez que foi com ele que a Força Aérea e a Indústria Aeroespacial Brasileira – representadas pela EMBRAER – aprenderam os modernos processos de emissão de requisitos, que garantem as mais eficazes formas de seleção e produção dos componentes de uma aeronave, assim como as vantagens operacionais trazidas pelo equipamento de nova geração.

O desenvolvimento do AMX trouxe experiência na montagem de um processo seletivo e na formulação de contratos para a aquisição de novos vetores. Portanto, foi fácil encontrar profissionais para formar o Grupo de Trabalho GT-F5 no Subdepartamento de Desenvolvimento e Programas (SDDP) no ano de 1994. Esse grupo passou a trabalhar sem interrupção ao longo dos anos, formulando em silêncio os requisitos mais desejáveis para as necessidades operacionais brasileiras e analisando exaustivamente todas as opções apresentadas pelo mercado aeroespacial para caças do tipo. O resultado desse trabalho foi a publicação de um estudo de viabilidade que enumerou as características que a nova aeronave precisaria possuir para se sobressair na arena operacional do momento, entre elas: sistema de reabastecimento em vôo, capacidade de penetrar em território inimigo de forma autônoma, avançada capacidade operacional no cenário continental, capacidade de lançar armamentos de precisão e capacidade de auto-proteção eletrônica.

4.1.2. Descrição da Aeronave

O F-5 E é um caça tático de defesa aérea e ataque ao solo. Concebido como substituto mais potente do F-5 A, o F-5 E tornou-se um dos aviões mais operados no mundo. Testado em combate no Vietnã, o F-5 E é extremamente manobrável e rápido, constituindo-se um excelente avião para combates aéreos. Com mais de 1.350 unidades vendidas, o F-5 E equipa mais de 20 Forças Aéreas, tendo sido, inclusive, produzido sob licença na Suíça.

Os F-5 E brasileiros tornaram-se mundialmente célebres durante a Guerra das Malvinas, quando interceptaram um bombardeiro Vulcan inglês que entrara em espaço aéreo brasileiro. Executando missões de Intercepção e Ataque ao Solo, o F-5 E é, juntamente com o Mirage III, a primeira linha de defesa nacional do espaço aéreo.

Tabela 3 - Ficha Técnica – F-5

Ficha Técnica – F-5	
País de origem:	Estados Unidos
Fabricante:	Northrop
Tipo:	Caça tático
Motores:	2 (Gen. Electric J85-GE-21 a 5.000 lb de empuxo)
Desempenho	
Vel. máxima:	2.112 km/h (mach 1.63 a 10.975 m)
Teto:	15.790 m
Raio de combate:	1.056 km (tanque cheio, 2 mísseis AIM 9-B Python e 5 min de combate a 5.000 m)
Raio de combate:	222 km (tanque cheio, 2359 kg de armamentos, 2 mísseis AIM 9-B Python e 5 min de combate ao nível do mar)
Peso	
Vazio:	4.346 kg
Máx. decolagem:	11.192 kg
Dimensões	
Envergadura:	8,13 m
Comprimento:	14,68 m
Altura:	4,06 m
Área de asa:	17,28 m ²
Armamento:	2 canhões M39A2 de 20 mm com 280 tiros cada, 2 mísseis Python 3 além de até 3.175 kg de armamentos em 5 pontos "duros", incluindo bombas, foguetes e mísseis ar-terra
Tripulação:	1
Operadores:	Brasil, Bahrain, Chile, Etiópia, Indonésia, Irã, Jordânia, Quênia, Coréia do Sul, Malásia, México, Marrocos, Filipinas, Arábia Saudita, Cingapura, Sudão, Suíça, Taiwan, Tailândia, Tunísia, Iêmen do Norte, Estados Unidos

4.1.3. Tomada de Decisão

No momento em que se detectou o momento crítico da aeronave no que tange a obsolescência, um estudo de viabilidade apontou que o processo de modernização das aeronaves F5-E era a melhor opção. Por outro lado, o estudo de viabilidade apontou que a melhor decisão para o Mirage seria sua desativação.

O principal aspecto que impulsionou a decisão de modernização pode estar relacionado com a expectativa de emprego por um período aproximado de 15 anos. Além disso, a célula estrutural e a motorização estavam adequados, garantindo o foco principal em seus aviônicos permitindo a integração dos diversos sistemas.

4.1.4. *Objetivos Estratégicos*

O processo de modernização teve como principais objetivos integrar às aeronaves F-5 da Força Área Brasileira sistemas atualizados e confiáveis, com especial atenção aos sistemas de navegação e ataque, tanto para emprego ar-ar quanto ar-solo, para operação de, pelo menos, quinze anos.

O processo permitiu uma integração completa com os recursos de inteligência disponíveis no programa SIVAM, servindo de transição tecnológica e operacional para caças de quarta geração.

Dessa forma, procurou-se garantir uma capacidade operacional igual ou superior a qualquer aeronave de caça do cenário sul americano e o sucesso do projeto fomentou o estudo de viabilidade da modernização das aeronaves AMX.

4.1.5. Definição do Nível Tecnológico da Modernização

A Modernização do F-5 englobou seis objetivos básicos: reforma estrutural, engenharia aeronáutica, definição de obsolescência, modernização aviônica, integração de armamentos, capacidades adicionais e suporte logístico integrado.

1. Reforma estrutural – Na avaliação estrutural efetua-se a inspeção geral da estrutura do avião verificando-se a vida remanescente da aeronave, incorporando-se boletins de serviço caso ocorra qualquer alteração estrutural. No caso da modernização

do F-5 houve a necessidade do corte do nariz para a incorporação do novo radar, o FIAR Grifo X, de procedência italiana.

Efetua-se nessa etapa a preparação da aeronave para modernização, removendo-se componentes como motores e trens de pouso, para revisão. A presença de uma equipe técnica da Força Aérea foi de vital importância, pois ela já detinha o conhecimento operacional de quase uma década.

2. Engenharia Aeronáutica

O objetivo de se avaliar a engenharia consiste na reavaliação do projeto estrutural tendo em vista as alterações que afetaram diretamente a característica da aeronave, análise dos efeitos aeroelásticos, de vibração, e uma nova análise de cargas e resistência estrutural com a necessidade de novos “pontos duros” para o emprego de armamentos mais modernos.

No que tange aos aviônicos (Figura 3 à Figura 5) e integração de sistemas, o sistema elétrico passa a ser um ponto crítico, pois se apresenta como o terceiro item mais caro em uma aeronave, perdendo para a estrutura e motorização. De uma forma geral, os sistemas antigos necessitam ser substituídos por incompatibilidade com os novos sistemas, pela necessidade de substituição, devido a desgastes operacionais, ou por não atenderem as especificações necessárias.



Figura 3 - Situação Inicial e Proposta de Modernização - F-5

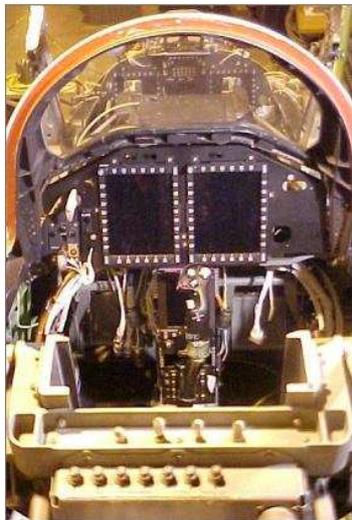


Figura 4 - Situação Após a Modernização - F-5



Figura 5 - Sistema Visão Noturna e HMD

A incorporação de um novo radar no F-5 afetou a distribuição do peso e por sua vez o posicionamento do CG da aeronave. Uma avaliação da efetividade dos profundores deve ser efetuada nestes casos, bem como a possibilidade de uma distribuição dos demais sistemas para balancear o CG.

Com relação ao sistema de armas, a incorporações de novos armamentos, obriga sua qualificação que consiste, primordialmente, na comprovação dos requisitos. Dessa forma, simulações e ensaios do tipo “Safe Separation” foram realizados (Figura 6) permitindo a sua aprovação.

Portanto, a engenharia aeronáutica engloba todos os aspectos que comprometam a segurança e a performance da aeronave, garantindo o atendimento de suas normas, incluindo o atendimento as normas do Sistema de Controle Ambiental, permitindo o desenvolvimento sustentável.

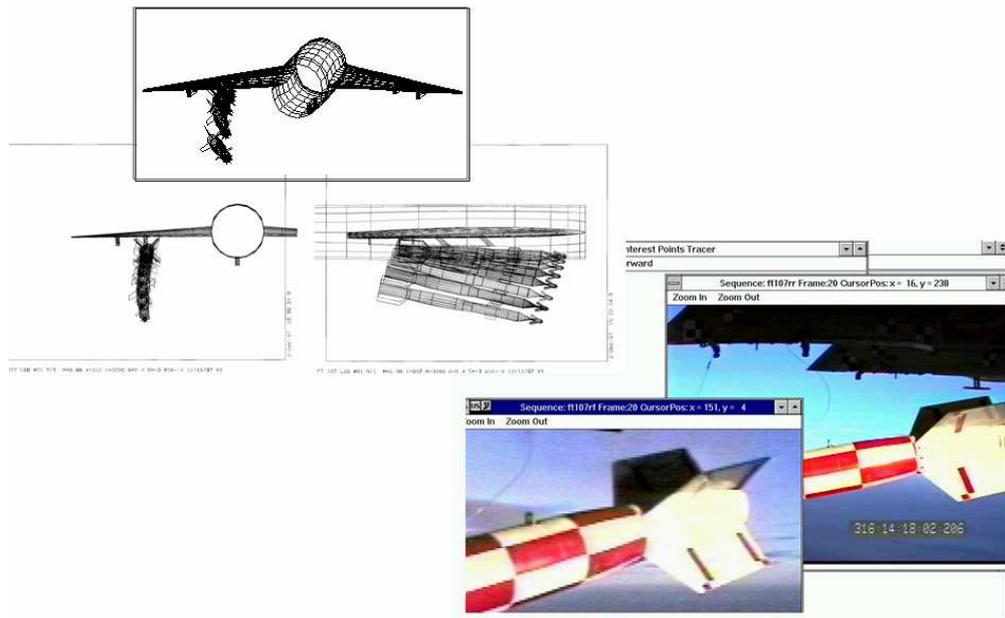


Figura 6 - Simulação Safe Separation

3. Definição de obsolescência

A definição de obsolescência permite identificar os itens a serem substituídos, devido à degradação de sua vida, escassez no mercado ou elevado custo operacional. O projeto de modernização dos F-5 permitiu a padronização da configuração dos F-5E, F-5B e F-5F, otimizando recursos logísticos, para manter a frota suprida e melhorando a agilidade operacional.

Dessa forma, padronizaram-se componentes fundamentais, permitindo que a frota seja inspecionada como um todo. Destacam-se:

1. Assentos ejetáveis MK-10(Figura 7)
2. Sistema de re-abastecimento em voo – REVO(Figura 8)
3. Detotalizador de combustível
4. Alarmes (BINGO, Fail, Data Link, RWR)
5. OBOGS – On-Board Oxygen Generating System
6. Sistema de Controle Ambiental



Figura 7 - Assentos Ejetáveis MK-10



Figura 8 - Sistema de Reabastecimento em vôo – REVO

4. Integração de armamentos

A integração de armamentos permitiu o emprego de dezoito configurações armadas utilizando-se armamento convencional (bombas de fins gerais, exercício, incendiárias e lança granada; foguetes e canhão), míssil ar-ar (classe Sidewinder) e míssil ar-ar, qualificando-se o míssil brasileiro – MAA-1.

O processo de integração, também permitiu ao sistema de gerenciamento de armas agregar as informações de mísseis ativos ou semi-ativos de médio/ longo alcance – Beyond Visual Range e alvos rebocados.

5. Capacidades adicionais

Com esse objetivo, procura-se aumentar a capacidade da aeronave, integrando-se sistemas que permitam um aumento de sua capacidade operacional, caracterizando-se a modernização pela possibilidade de realização de novas missões ou funções.

Destacam-se a integração e qualificação de dois mísseis BVR nos pontos internos da classe Derby/R-Darter, MICA, R-77, a integração de POD designador laser classe Litening e a integração de míssil de curto alcance de 4ª Geração da classe Python 4.

6. Suporte Logístico Integrado

O principal objetivo da análise logística é garantir que a aeronave possa cumprir sua missão por estar sempre disponível. Dessa forma surge o modelo denominado *Contractor Logistic Support (CLS)* que visa suprir as necessidades da aeronave atendendo a mais esse requisito.

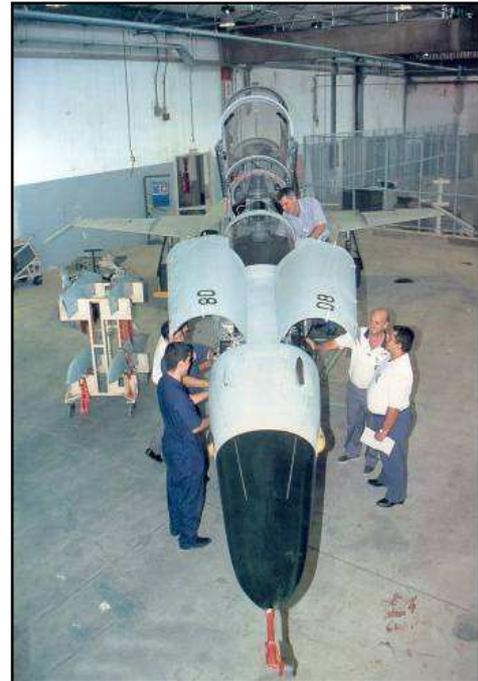
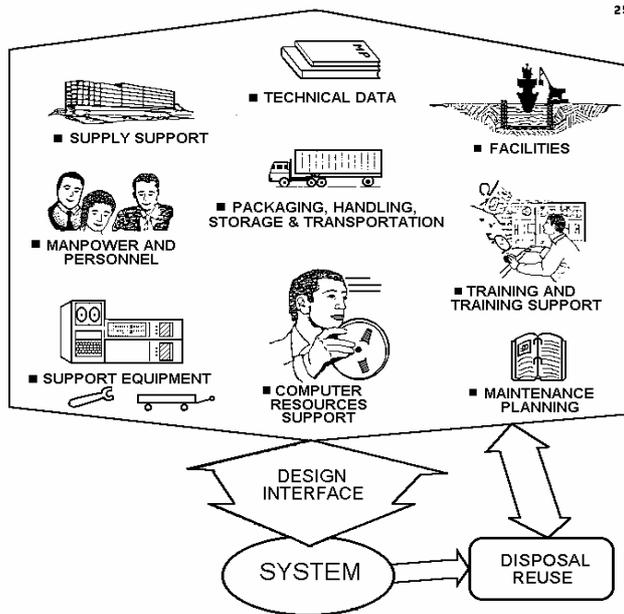


Figura 9 - Sistema Logístico

4.1.6. Desenvolvimento de Protótipos

A EMBRAER é a contratada principal para a modernização dos F-5 da Força Aérea Brasileira e o desenvolvimento das aeronaves está sendo realizado no site de Gavião Peixoto (GPX).

A EMBRAER apoiou esse trabalho fornecendo parte das informações aqui apresentadas.



Figura 10 - Pista de Ensaios em GPX



Figura 11 - Linha de Montagem EMBRAER



Figura 12 - Protótipo F-5 BR

4.2. Modernização do A4

4.2.1. Descrição da Aeronave

Em 29 de julho de 1996, o então Ministro de Estado da Marinha encaminhou ao Excelentíssimo Senhor Presidente da República, Carta de Exposição de Motivos nº 091/96 onde, com base na edição da Lei Complementar nº 069/91, que dispõe sobre o preparo e o emprego das Forças Armadas, participou que a Marinha havia iniciado seus esforços para a correção da grande deficiência com que convivia a Esquadra. A falta de uma arma de interceptação e ataque. Foram iniciados então estudos preliminares visando à possibilidade de aquisição de aeronaves de asa fixa para compor sua dotação, com a missão principal de prover meios aéreos de interceptação e ataque às Unidades Navais e de Fuzileiros Navais, a fim de contribuir para o aumento da capacidade operativa das Forças Navais e secundariamente em outras tarefas de interesse da Marinha do Brasil (MB).

Durante a condução dos trabalhos, a análise do elenco de propostas apresentadas por fornecedores e empresas à Marinha indicou que as aeronaves pertencentes à Força Aérea do Kuwait, e em disponibilidade para venda, atendiam as necessidades da MB. Foi então realizada uma Inspeção Técnica no Exterior, na cidade do Kuwait, que avaliou como satisfatório o estado das aeronaves e de interesse para a Marinha.

Além das aeronaves, foram também vistoriados equipamentos de aviônica, armamento, material de apoio e sobressalentes incluídos no pacote de oferta. Estes itens, apesar de estarem na condição de usados, também foram considerados de interesse para aquisição.

Pelo Decreto Presidencial nº2.538, de 8 de abril de 1998, que dispõe sobre os meios aéreos da Marinha e dá outras providências, foi estabelecido, no Art. 1º. Que "a Marinha disporá de aviões e helicópteros destinados ao guarnecimento dos navios de superfície e helicópteros de emprego geral, todos orgânicos e por ela operados, necessários ao cumprimento de sua destinação constitucional".

Em 30 de abril de 1998, foi assinado um "*Purchase Agreement*" entre a MB e o Governo do Kuwait para a obtenção de vinte aeronaves tipo A-4KU monoplace e três TA-4KU biplace, modelo Skyhawk, fabricadas pela empresa americana McDonnell Douglas, redesignadas para A-4 MB (AF-1) e TA-4 MB (AF-1A), respectivamente, e itens associados.

A Marinha contratou o fabricante para, junto com um grupo por ela designado, realizar um Teste de Aceitação em Fábrica e supervisionar as ações necessárias à inspeção, preparo, embarque e traslado das aeronaves e itens associados do Kuwait para o Brasil.

O material chegou ao Brasil no dia 07 de setembro de 1998, no Porto do Forno, em Arraial do Cabo, RJ, de onde foram levados para a Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia.

Mísseis "Sidewinder", também adquiridos no pacote, permanecerão estocados no Centro de Mísseis e Armas submarinas da Marinha, no Rio de Janeiro, perfazendo um total de 217 mísseis.

Na parte de pessoal a Marinha não está poupando esforços, preparando seus pilotos com o apoio da Força Aérea Brasileira (nos cursos da Academia da Força Aérea e do CATRE-Natal), da Armada da República Argentina e da US Navy.

4.2.2. Missão

“Executar a defesa aérea da Força Naval e garantir a superioridade aérea necessária à aplicação do Poder Naval onde e quando este se fizer necessário”

O AF-1, o modelo mais recente de toda a série de Skyhawks, é o resultado de um projeto simples e cuidadoso. Suas características evoluíram a partir de uma herança de mais de 11.000.000 de horas de vôo, sendo 500.000 em combate. O Skyhawk firmou-se como uma aeronave de alto desempenho tático e comprovada sobrevivência em combate, com o menor custo. As versões AF-1 e AF-1A Skyhawk II têm como principais características:

- Construção simples e resistente
- O melhor histórico de sobrevivência em combate
- Baixa manutenção
- Capacidade de cumprir múltiplas missões
- Sistema de aviônica totalmente integrado
- Modelos monoplacé e biplacé igualmente equipados e com desempenho semelhante.

As aeronaves AF-1 e AF-1A são o que há de melhor na série Skyhawk II. Devido às poucas horas voadas (1.700 em média, por aeronave) e ao abrangente

pacote de sobressalentes. Essas aeronaves representam uma solução efetiva e de baixo custo para fortalecer o braço aéreo da Marinha do Brasil no século XXI.

4.2.3. *Histórico*

As aeronaves adquiridas junto à Força Aérea do Kuwait eram do modelo A-4KU (AF-1, monoplace, 20 unidades) e TA-4KU (AF-1A, biplace, três unidades) Skyhawk II. O sufixo KU devia-se a terem sido produzidos pela McDonnell Douglas especialmente para o Kuwait, sendo essa uma das séries de produção mais recentes desse modelo. Foram desativadas em julho de 1991 devido a uma cláusula contratual para a aquisição de aeronaves F/A-18C e F/A-18D Hornet pelo Kuwait, passando pela adequada preservação desde então.

O AF-1 oferece notáveis combinações de raio de ação, capacidade de carga e autonomia. Provê a velocidade, manobrabilidade e os sistemas de aviônica necessários à sua sobrevivência nos diferentes cenários da guerra moderna, capacidade esta já demonstrada em combate real. Pode operar tanto a partir de navios-aeródromos como a partir de bases avançadas com pistas de 1300 metros. Mesmo em operações de combate, com apoio e instalações limitadas para sua manutenção, os Skyhawks demonstraram elevadas taxas de disponibilidade e emprego.

Oito modificações no modelo inicial foram feitas durante seu ciclo operativo, durante as quais melhorias na propulsão, pacote de aviônica e armamento foram incorporadas. Ao mesmo tempo, características do projeto original que provaram seu valor em combate, tais como a sólida estrutura, foram mantidas. Dessa forma, foi possível manter a capacidade de emprego do Skyhawk em combate apesar da grande evolução dos sistemas de defesa antiaérea. As situações de combate real tem sido o campo de provas e a principal influência no projeto do Skyhawk II.

A manutenção do Skyhawk exige o menor número de mecânicos de vôo por aeronave dentre todas as aeronaves táticas das Forças Armadas americanas. O projeto simplificado dos subsistemas e a facilidade de acesso a todos os componentes reduzem sobremaneira o tempo médio de reparos. Tempos de rotação de quinze minutos para

rearmar e reabastecer para nova surtida são normais em condições de combate. Sob condições ideais, tempos de rotação da ordem de seis minutos foram alcançados.

O projeto do Skyhawk foi concebido em função do piloto. Seu comportamento em vôo é rapidamente assimilado e seus sistemas são de simples operação. Por causa disso, menos horas são necessárias para ser atingido um nível satisfatório de proficiência de vôo, podendo ser alocadas mais horas aos treinamentos táticos para missões. Dessa forma, os pilotos podem atingir e manter sua eficácia em combate com um total relativamente pequeno de horas de vôo.

Ficha Técnica – A-4	
País de origem:	Estados Unidos
Fabricante:	McDonnell Douglas
Tipo:	Interceptação e Ataque
Motores:	Turbojato Pratt&Whitney (J52-P-408 - Empuxo máximo (30 min) 11.200 lb e Empuxo máximo contínuo 9.900 lb)
Peso	
Básico Operacional:	12.757 lb
Máx. decolagem:	24.500 lb
Dimensões	
Envergadura:	8,38 m
Comprimento:	12,59 m
Altura:	4,57 m
Armamento:	dois canhões de 20mm, com 200 cartuchos por canhão, e uma variedade de armas ar-superfície e ar-ar, que podem ser transportadas nos racks das asas ou no rack central. A aeronave pode ser armada com 4 mísseis ar-ar Sidewinder.
Tripulação:	1
Operadores:	Brasil, Argentina, Indonésia, Israel, Malásia, Nova Zelândia e Singapura

O peso básico operacional considera uma configuração típica de combate, incluindo tripulação, sistemas de controle do armamento, dois canhões de 20 mm, 400 cartuchos de munição, blindagem e 5 pylons.

A alta capacidade do Skyhawk de manter vôo controlado após danos em combate deve-se às seguintes características:

- Duplos controles hidráulicos de vôo com "backup" manual
- Asas com revestimento triplo
- Furos limitadores de rachaduras na estrutura

- Ausência de painéis usinados na fuselagem
- Compartimentos separados para motores e tanques de combustível
- Aspirações da turbina de tamanho reduzido
- Tanque da fuselagem blindado e auto-selante
- Abastecimento de emergência por gravidade
- Sistemas redundantes de transferência de combustível
- Arriamento de emergência do trem de pouso em queda livre
- Gerador de emergência acionado pelo fluxo de ar

A probabilidade de ser atingido por fogo inimigo é inversamente proporcional à agilidade e tamanho da aeronave. Desde suas primeiras séries o Skyhawk vem demonstrando uma impressionante capacidade de sobrevivência em combate. Os Skyhawk II receberam significativas melhorias em relação às séries anteriores: aumento de 35% na razão de subida e de 40% na capacidade de carga para vôos táticos.

Após sobreviver aos danos em combate, é fundamental reparar a aeronave e devolvê-lo à cena de ação. Neste cenário, o Skyhawk é imbatível. Uma grande percentagem da sua estrutura é composta por chapas padronizadas e perfis extrudados, com poucos componentes forjados ou usinados. Em consequência disso, a maior parte dos reparos na estrutura pode ser efetuada com as ferramentas, materiais e pessoal qualificado disponíveis no esquadrão (1º escalão). Visando facilitar essa tarefa, o fabricante elaborou o "Manual para Reparo de Danos em Combate" que explica em detalhe os reparos em toda a estrutura. Essa providência muito auxiliou esquadrões a restituírem à condição operativa aeronaves danificadas em combate.

4.2.4. Desempenho em vôo

O Skyhawk é conhecido por sua facilidade de manobra e reconhecidas qualidades de vôo, que são particularmente úteis nas missões de ataque ao solo. Essas características resultam do seu projeto básico e das modificações incorporadas ao longo do seu tempo de serviço. Sua facilidade de manobra tem contribuído para um excelente desempenho quanto à segurança de vôo e permitido que um tempo mínimo de vôo seja necessário para que os pilotos atinjam todas as qualificações no modelo. Em combate, comandos bruscos podem ser executados sem que haja o perigo de perda de controle em vôo ou dano estrutural. Essa característica permite o aproveitamento integral da capacidade da aeronave.

A baixa relação peso x potência do Skyhawk, combinada com o baixo fator de carga de suas asas, garantem sua excelente manobrabilidade. Suas capacidades de curvar e manobrar são aumentados por sua excelente resposta à rolagem. Sua razão de rolagem é cerca de 100° por segundo em baixas velocidades e sobe para 300° por segundo em velocidades moderadas. Em velocidades supersônicas ou limite de mergulho a razão de rolagem é de 100° por segundo visando assegurar o controle da aeronave sob essas condições.

A indicação de estol consiste em vibrações aerodinâmicas que ocorrem a uma velocidade 15% acima da de estol, aumentando de intensidade conforme a proximidade do estol. A atitude da aeronave em estol é de suave nariz baixo e oscilação direcional lateral, aumentando gradativamente de amplitude se o estol for mantido. Uma atuação nos comandos de vôo para vante interrompe prontamente o estol.

O Skyhawk entra em parafuso somente quando deliberadamente forçado a fazê-lo. Quando isto acontece, a recuperação é simples e convencional, basta aplicar o leme direcional contra a direção do giro e neutralizar os comandos de vôo.

O controle da aeronave na fase do pouso é excelente. Freios aerodinâmicos nas asas, acionados automaticamente após o toque no convôo, permitem pousos operacionais seguros com ventos cruzados de mais de 25 kt.

O modelo AF-1 foi projetado a partir da comprovada adaptação à operação embarcada das séries anteriores. O trem de pouso permite as altas razões de descida tipicamente exigidas para o pouso a bordo. O peso máximo da aeronave para pouso é de 14.500 lb. Isso permite 2.500 lb de "bring back" (a combinação de combustível e armamento não utilizado que retorna ao navio). A velocidade padrão de aproximação é de 126 kt para um peso de 14.000 lb. Esta razão varia em 2,5 kt para cada 500 lb do peso por ocasião do pouso.

4.2.5. Controles de vôo

Os controles primários de vôo são os ailerons, lemes e profundos, atuados hidraulicamente. Cada controle recebe duas alimentações hidráulicas independentes, bastando uma alimentação para permitir seu funcionamento dentro de certos limites de velocidade. Se ambos os sistemas falharem, os atuadores hidráulicos podem ser desconectados e operados manualmente. No modo de controle manual a velocidade estaria limitada a 300 kt ou 0,8 Mach devido aos altos esforços sobre os controles. Já houve casos de pouso a bordo em modo manual.

O sistema automático de controle de vôo (AFCS) libera o piloto dos comandos de rotina em vôos de longa duração. O AFCS controla os ailerons, leme e profundos para a execução das seguintes funções:

- Manutenção da atitude
- Manutenção de altitude
- Manutenção de rumo
- Pré-seleção de rumo
- Controle pelo manche (permite voar com o AFCS aplicando comandos com o manche)
- Aumento de estabilidade (provê amortecimento no eixo de "yaw")

4.2.6. Sistema Hidráulico

Dois sistemas hidráulicos independentes fornecem a potência hidráulica necessária à operação do Skyhawk. São eles o sistema de controle de vôo e o utilitário. Cada sistema tem o seu próprio reservatório e bomba (acionada pelo motor), operando a uma pressão de 204 atmosferas. As canalizações também são independentes, visando a mínima vulnerabilidade. O sistema utilitário aciona o trem de pouso, flaps, freios aerodinâmicos, freios das rodas, gancho e subsistemas de alijamento de combustível. Luzes de alarme indicam a queda de pressão em qualquer dos sistemas.

4.2.7. Trem de pouso

O sistema hidráulico utilitário retrai o trem de pouso durante a operação normal. O trem retrai para cima e para vante e é mantido em posição hidraulicamente. Em caso de falha do sistema utilitário, fica apoiado sobre as portas, as quais podem ser abertas mecanicamente, permitindo ao trem ser arriado e travado por ação da gravidade. Um pára-quedas de 16 ft de diâmetro pode ser utilizado para reduzir significativamente a distância de rolagem no solo, aumentando a vida dos freios das rodas e pneus.

4.2.8. Sistema elétrico

A alimentação principal do sistema é um gerador de 20 KVA acionado pelo motor da aeronave. A corrente contínua é retificada em um transformador-retificador de 50A 28V DC. A aeronave não possui bateria. A máxima carga elétrica contínua é de 8 KVA, permitindo picos de cerca de 60 % acima deste valor. A alimentação de emergência é fornecida por um gerador extensível, de 1,7 KVA, acionado pelo fluxo de ar, o qual provê a energia suficiente para a alimentação dos instrumentos de vôo.

4.2.9. Motor

O motor é um turbojato Pratt&Whitney de fluxo axial com duas seções, que pode ser ajustado para diferentes características dos combustíveis. A aeronave utiliza um acumulador hidráulico para acionar o motor de partida da turbina de gás, a qual movimentava o motor, provendo assim a alimentação elétrica para a ignição. Os motores Pratt&Whitney da série J52 foram utilizados em todas as séries de Skyhawks desde o A-4E em 1962. Modificações técnicas incorporadas ao longo dos anos permitiram um aumento de potência que viabilizou a modernização dos sistemas de armas e aumento do desempenho. O Skyhawk II usa a versão mais recente deste motor, a J52-P-408, com um empuxo de 11.200 lb. Esse motor também admite o kit de modificações J52-P-408A o que o torna intercambiável com o da aeronave EA-6B Prowler.

4.2.10. Sistema de combustível

O sistema de combustível é composto apenas por um tanque da fuselagem (394 l) e o tanque das asas (2120 l). Em consequência, os subsistemas de abastecimento e transferência são simples e confiáveis. O tanque da fuselagem é isolado de forma que um vazamento de combustível proveniente de danos em combate não invada o compartimento do motor, possuindo também um sistema de válvulas que assegura o suprimento de combustível ao motor em todas as situações, inclusive até 30 s de vôo invertido. Cada asa pode receber um tanque externo de 568 ou 1136 l, bem como a seção central da fuselagem, que pode ainda receber um tanque externo de 1514 l. Todos os tanques, internos e externos, podem ser abastecidos por pressão através de um único bocal de enchimento, ou individualmente por gravidade. Para o reabastecimento "a quente" (com o motor acionado), deve poder ser utilizado o "probe" de reabastecimento em vôo.

4.2.11. Armamento

As aeronaves são armadas com dois canhões de 20mm, com 200 cartuchos por canhão, e uma variedade de armas ar-superfície e ar-ar, que podem ser transportadas nos racks das asas ou no rack central. Esses racks podem acomodar bombas, foguetes, mísseis e tanques de combustível, ou ainda os racks de tripla ejeção ou multi-ejeção. A aeronave pode ser armada com quatro mísseis ar-ar Sidewinder. A segurança do sistema de bombardeio durante as fases de carregamento e pré-vôo é assegurada mediante a inserção de pinos de segurança que interrompem os circuitos de fogo e travam mecanicamente os ejetores do armamento.

4.2.12. Serviços de manutenção e apoio

Os serviços realizados durante o tempo de rotação para operações em combate requerem uma equipe de seis militares. O tempo normal para reabastecimento, configurar e municiar o armamento, suprir o oxigênio e inspecionar a aeronave é de 15 minutos. As principais portas de inspeção são do tipo de abertura rápida, visando agilizar o acesso. A possibilidade de reabastecimento "a quente" pelo "probe" de reabastecimento em vôo ajuda a reduzir esse tempo de rotação. A munição para os canhões de 20 mm é carregada através do acesso ao compartimento do motor, na seção inferior da fuselagem. O suprimento de oxigênio é realizado simplesmente trocando-se as ampolas.

Os dutos de admissão de ar do motor são curtos e possuem largura suficiente para facilitar a inspeção. É baixa a ocorrência de danos por objetos estranhos (DOE), devido à altura onde estão situados. Sua localização também permite que a maior parte dos serviços e o rearmamento sejam executados com o motor acionado.

A acessibilidade e os procedimentos simplificados de manutenção, somados à simplicidade dos subsistemas do Skyhawk resultaram nos mais baixos requisitos de pessoal de manutenção dentre todos os esquadrões de aeronaves a reação das Forças Armadas americanas.

4.2.13. Manutenção programada

O Skyhawk foi projetado considerando-se três níveis de manutenção: organizacional, intermediária e de parque. No nível organizacional são executados a maior parte dos reparos, serviços e inspeções. No nível intermediário são executados inspeções, testes e reparos de componentes de aviônica, atuadores e equipamentos de segurança. A manutenção ao nível de parque foi inicialmente projetada para um intervalo de 39 meses durante o ciclo operativo da aeronave.

Tabela 4 - Situação Atual da Frota de A-4 no Mundo (Fonte EMBRAER)

	OPERADOR	VERSÃO	1ª ENTREGA	FROTA ORIGINAL	FROTA ATUAL
1.	Força Aérea/ Armada Argentina	A-4B	?	50	--
		A-4M	?	36	--
		A-4P	1996	36	32
		TA-4AR	1996	4	4
2.	Marinha do Brasil	A-4KU	1998	20	20
		TA-4F	1998	3	3
3.	Indonésia	A-4E	1980/82	28	12
		TA-4J	1996	2	2
		TA-4H	1982	4	3
4.	Israel	A-4H	1967	108	90
		A-4N	1972	99	
		TA-4H	?	10	15
		TA-4J	?	27	
5.	Malásia	A-4PTM	?	?	6
6.	Nova Zelândia	A-4K	1970	18	15
		TA-4K	1970	4	2
7.	Singapura	A-4	1973/1983	40/50	50
		TA-4S	1975/1983	25	18
			Total	514	272

4.2.14. Quem Modernizou

4.2.14.1. *Israel Aircraft Industries (IAI)*

A Força Aérea Israelense, através da IAI efetuou o processo de modernização de suas aeronaves A-4 (Figura 13) consistindo prioritariamente da extensão de sua vida, freios do trem de pouso principal com disco duplo, *steering* da bequilha, *spoilers* na asa, inclusão de dois pontos duros adicionais sob a asa, extensão do compartimento do nariz para acomodação de uma quantidade maior e mais leve de aviônicos, além da colocação de flare/chaff sob a empenagem.



Figura 13 - A-4 Israelense

4.2.4.1. *Lockheed Martin Aircraft Argentina (LMAASA)*

A Força Aérea Argentina, através da IAI efetuou o processo de modernização de 36 A-4M Skyhawks. Primeiro lote de 18 aeronaves foi modernizado na Lockheed Martin Ontario, Califórnia. O segundo lote, com as dezoito restantes, em Córdoba. O custo total divulgado de 250 milhões de dólares para o projeto.

O programa de modernização consistiu em um ciclo completo de manutenção e na aquisição de um novo grupo de aviônicos. O processo incluiu a troca do radar de controle de fogo (Figura 14), a integração do dispositivo *Head Down Display* (HDD), sistema de planejamento de missão computadorizada. *Head-Up Display* (HUD) assim como integrador dos aviônicos inerciais e GPS (INS/GPS).

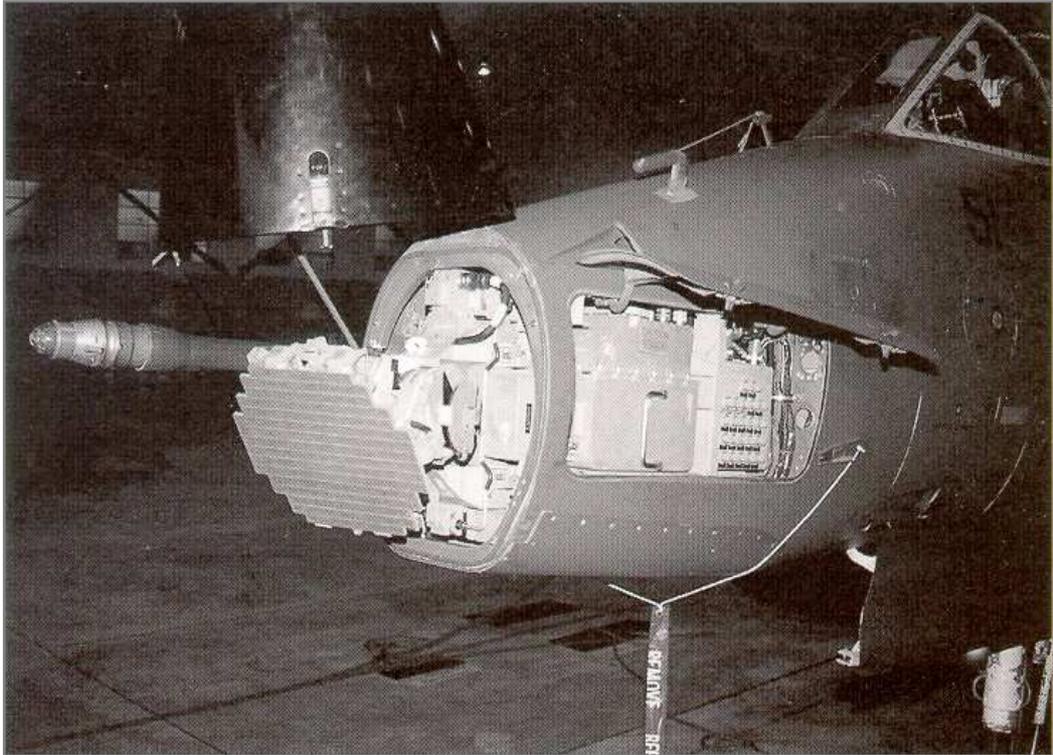


Figura 14 - Instalação do radar APG-66 no A-4 Argentino

4.2.14.2. Safe Air (New Zealand)

A Força Aérea Real da Nova Zelândia batizou o processo de modernização de suas vinte aeronaves A-4 (Figura 15) com o nome de projeto Kahu. Esse projeto contou com a parceria entre as empresa *Pacific Aerospace Corporation* e a *Safe Air* tendo seu início em julho de 1989 e a entrega de última aeronave em dezembro de 1990. As indústrias *Smith* atuaram como *prime contractor* nesse projeto.



Figura 15 - Aeronave da Força Aérea Real da Nova Zelândia

Seus principais armamentos são mísseis AGM-65 Maverick ar-solo e AIM-9L Sidewinder ar-ar, bombas GBU-16 guiada por laser e GP (Mk 82/83), foguetes CRV-7 e dois canhões de 20 mm.

As características de projeto consistem em novas asas e sistemas para o lançamento dos mísseis, mais o radar da Westinghouse AN/APG-66 (NZ). Controle do tipo *Hands on Throttle and Stick (HOTAS)*, provisão para FLIR e óculos de visão de noturna, base de dados MIL-STD-1553B, VHF/UHF Collins AN/ARC-182 e AN/ARC-159, VIR-130 VOR/ILS com rampa de deslizamento e AN/ARN-118 Tacan, radar altímetro AN/APN-194, IFF Hazeltine AN/APX-72; *Radar Warning Receiver* AN/ALR-66 geral (VE) e sistema Goodyear AN/ALE-39 de *chaff/flare*. Incorpora a capacidade de troca de informações por transferência modular de dados (Figura 16).

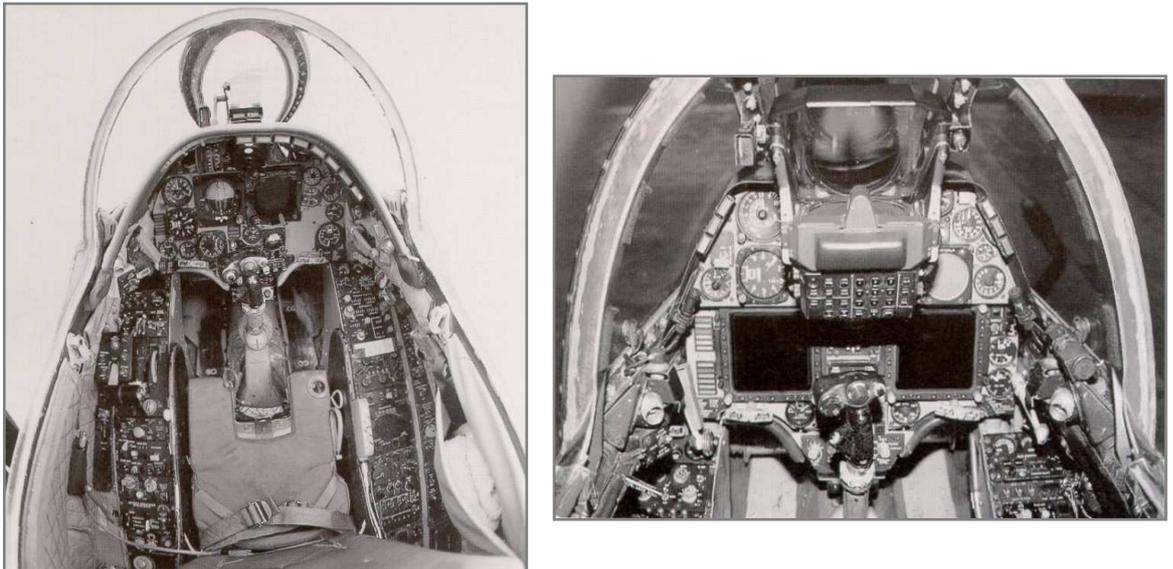


Figura 16 - Sistemas Modernizados – Nova Zelândia

4.2.14.3. Singapore Aerospace

O Comando de Defesa Aérea de Singapura, através da *Singapore Aerospace*, modernizou primeiramente a motorização das aeronaves A-4 (Figura 17) com o motor GE F404-GE-100D sem pós-queimador e em uma segunda fase os aviônicos.



Figura 17 - Aeronave do Comando de Defesa Aéreo de Singapura

As características de projeto permitiram um aumento de performance nas velocidades com incrementos em sua razão de subida e aceleração de aproximadamente 40%. Na segunda fase, a modernização dos aviônicos incluiu HUD, HDD, sistema de navegação inercial e interface para o míssil Maverick.

4.2.14.4. Malaysia

A Força Aérea Real da Malásia converteu seis A-4 (Figura 18) em aeronaves para reabastecimento em vôo utilizadas temporariamente até o recebimento das aeronaves C-130H próprias para essa missão.



Figura 18 - Aeronave da Força Aérea da Malásia

4.3. Visão Prospectiva

4.3.1. Modernização dos AMX

Após a modernização das aeronaves F-5, a Força Aérea Brasileira iniciou os estudos para a modernização do AMX. Nesse processo, estão em questão a padronização da configuração dos quarenta e três monopostos e dez bipostos, incluindo os protótipos A-1M de ambos modelos, e a atualização da aviônica no padrão do F-5 BR e das novas aeronaves ALX. Dessa forma, procura-se uma maior autonomia no que diz respeito à manutenção dessas aeronaves, à independência do consórcio italiano existente na concepção inicial e uma integração entre as aeronaves (Figura 19).



Figura 19 - Integração Entre as Aeronaves da FAB

O motivo principal do processo está contido na necessidade de reduzir-se a obsolescência de equipamentos, sistemas e tecnologias, objetivando o aumento da confiabilidade e disponibilidade atual da frota e a solução de problemas relacionados à fadiga.

No que concerne à integração de sistemas, tem-se a compatibilidade da cabine e iluminação interna e externa com sistema de visão noturna GEN III (Figura 20), além da incorporação:

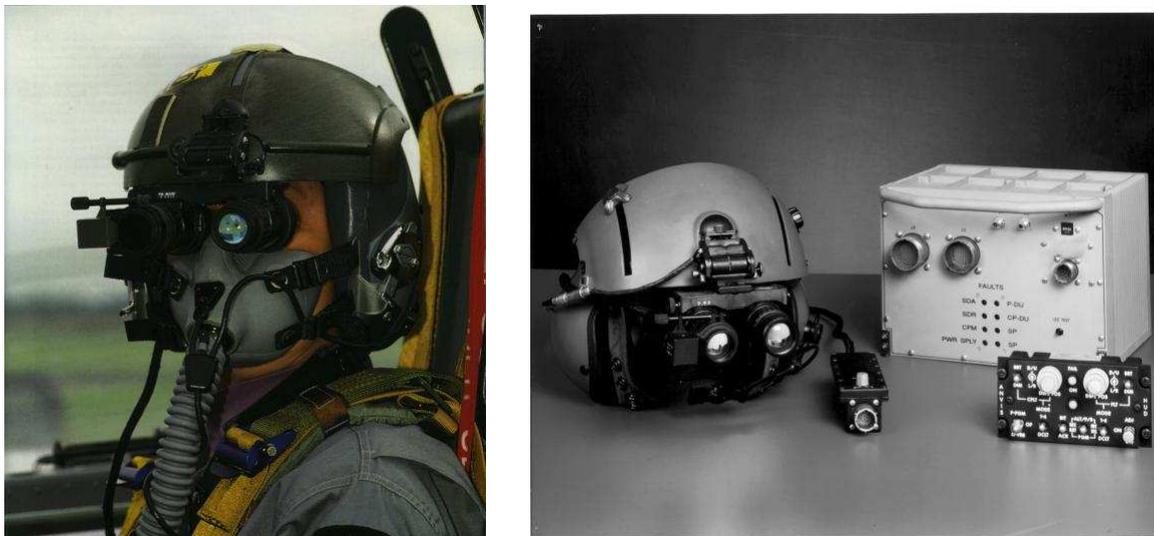


Figura 20 - Sistema de Visão Noturna

1. do Radar SCP-01 (Scipio), cuja produção já foi contratada na Galileo / Mectron, promovendo um sensível aumento de capacidade operacional para missões “Ar-Ar” e “Ar-Superfície”,



Figura 21 - Radar SCP-01 (Scipio)

2. do Míssil Piranha MAA-1, que está sendo adquirido da Mectron,
3. da Avionica modernizadas para padronização das frotas A-1, F-5 e A-29, com interface Homem-Máquina comum, aumentando a capacidade operacional e reduzindo custo da hora de vôo e da logística, além do aproveitamento do desenvolvimento obtido com a atividade “*Multifunction Color Display*” (MFCD) (TV/IR colorido 5” x 5” do 3º lote) e OFP nacionalizado.



Figura 22 - Cockpit Atual

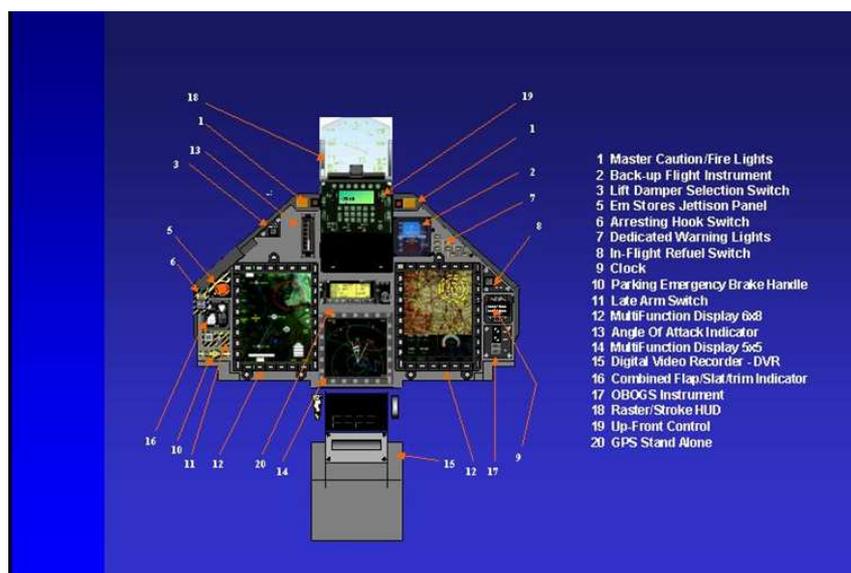


Figura 23 - Novo Cockpit Dianteiro

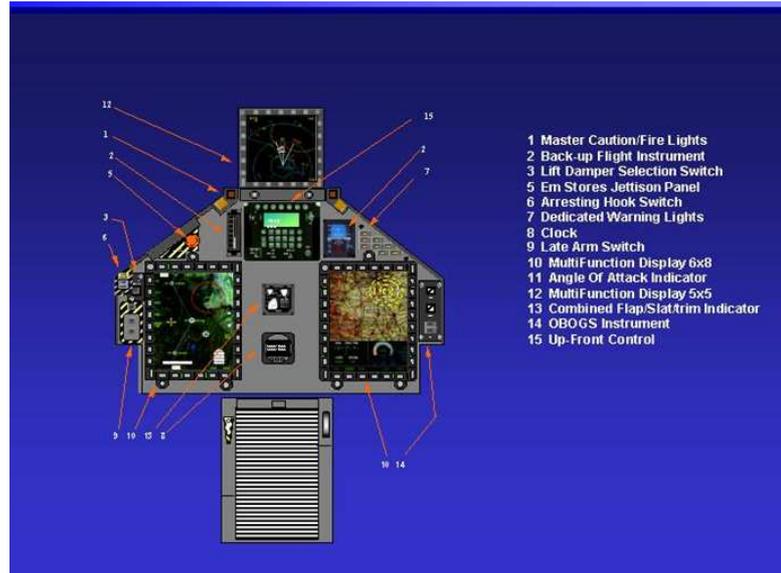


Figura 24 - Novo Cockpit Traseiro

4. do Sistema Integrado de Auto Defesa (Figura 25), Sistema integrado com novo RWR, MWS, Chaff & Flare Dispenser e AECM (Pod CME – Missões de Scort jamming e stand off)



Figura 25- Sistema Integrado de Auto Defesa

Dessa forma, busca-se a adequação da capacidade operacional da aeronave ao cenário atual e o aumento da independência nacional no que tange à manutenção. A EMBRAER, através da nacionalização, propõe-se em efetuar a industrialização das modificações, o controle da configuração, controle de publicações técnicas e suporte direto para as aeronaves nos sistemas modernizados, como: treinamentos, peças de reposição e equipamentos de apoio ao solo, com o intuito de propiciar essa independência. Ela apresenta uma proposta de melhoria pela possibilidade do domínio tecnológico visto que realizará desenvolvimento nas áreas de Integração de Sistemas, Software de Missão e Controle de Armamentos, sendo responsável pelo desenvolvimento, integração e validação do OFP de acordo com o “Software Development Plan” baseado na MIL-STD-498 permitindo então maior flexibilidade para futuras integrações.

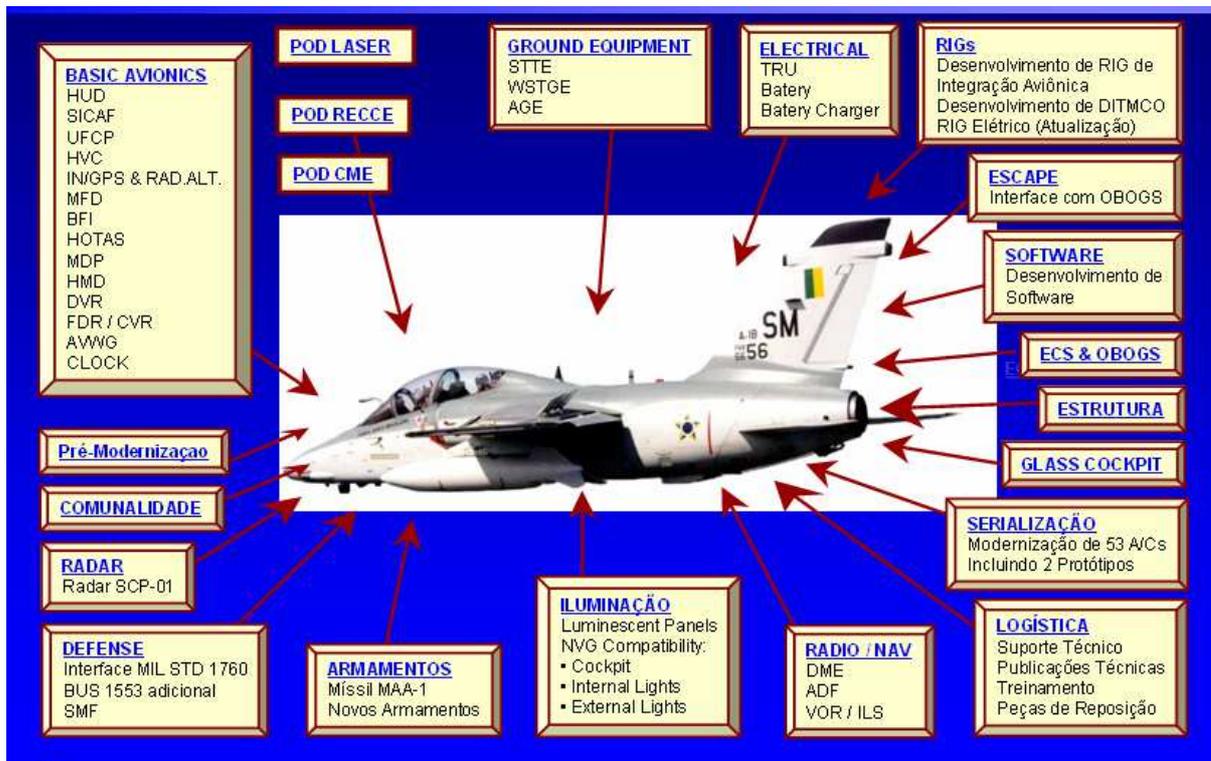


Figura 26 - Integração de Sistemas no AMX



Figura 27 - A-1M – RIGHT SIDE

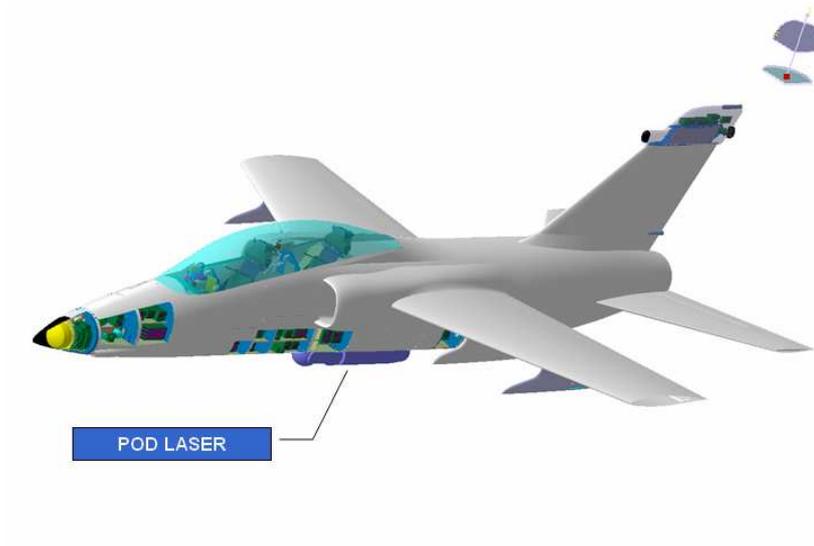


Figura 28 - A-1M – LEFT SIDE

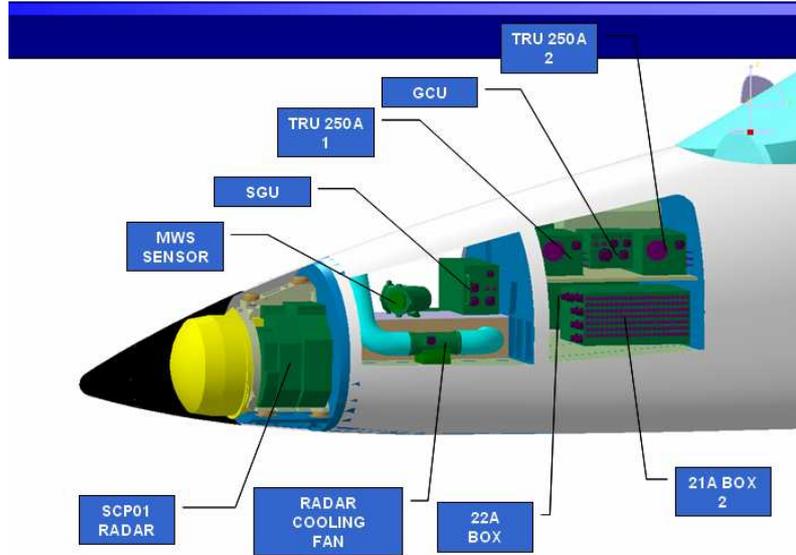


Figura 29 - A-1M - FRONT FUSELAGE (Left Side)

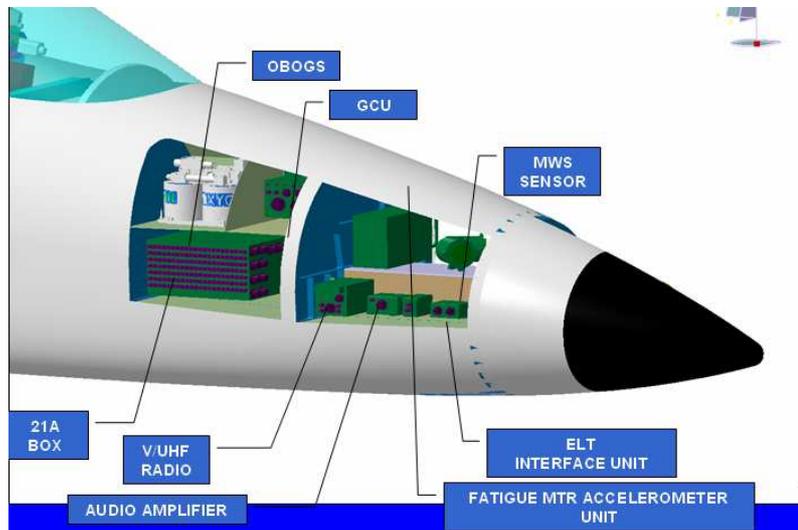


Figura 30 - A-1M - FRONT FUSELAGE (Right Side)

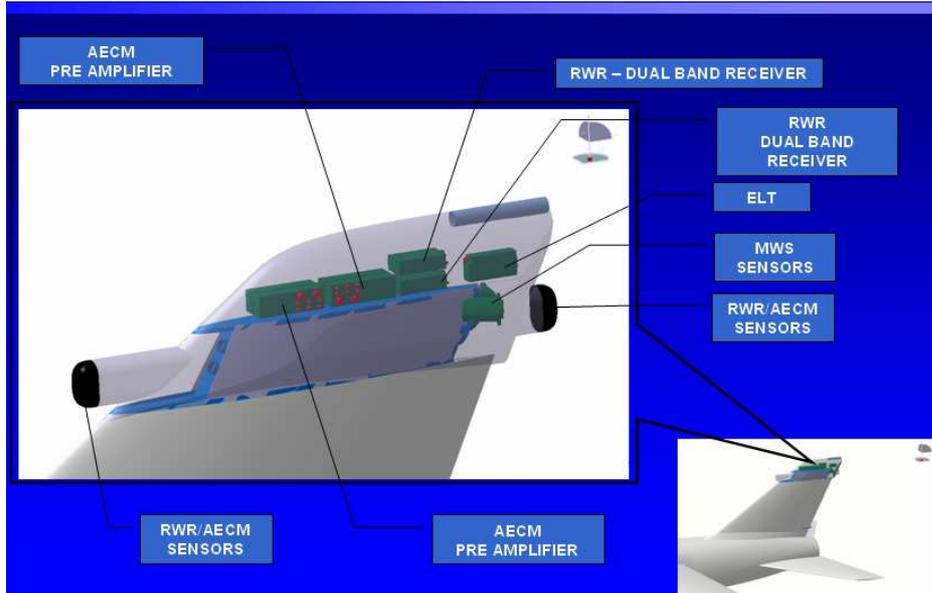


Figura 31 - A-1M - EMPENNAGE

4.3.2. Modernização dos A-4 brasileiros

O processo de modernização dos A-4 brasileiros, segundo a EMBRAER, poderia identificar preliminarmente os sistemas básicos afetados e podem ser avaliados através dos seguintes itens:

- Sistema de geração elétrica, avaliando-se a confiabilidade do sistema atual e capacidade de geração com reservas para a configuração modernizada;
- Sistema de refrigeração e controle ambiental;
- Sistema de ejeção, verificando-se a garantia de suprimento durante vida operacional remanescente ou a necessidade de sua substituição;
- Sistema de oxigênio com possibilidade de substituição por OBOGS;
- Sistema hidráulico;
- Estrutura, comandos de vôo e trens de pouso tendo em vista que a modernização é oportunidade de revisão, atualização, etc.;
- Motorização, verificando-se de garantia de suprimento durante vida operacional remanescente;
- Identificação Preliminar dos Sistemas Aviônicos e Sensores;
- Radar;
- RWR;
- CFD;
- Nova interface homem-máquina (displays, HOTAS, etc.);
- Computadores e arquitetura do sistema;
- Sistema de navegação autônoma;
- Sistema de navegação rádio-assistida;
- Sistema de comunicação;
- “Data-link”;
- Sistema de identificação;
- Sistema de gravação;
- HMD;
- Compatibilidade com NVG;
- Qualificação de novo pacote de armamento.

Deve-se ainda observar a necessidade para outros itens:

1. Suporte Logístico aos moldes do F-5BR (CLS – Contractor Logistics Support)
2. Dispositivos de apoio à missão
3. Estação de Planejamento de missão
4. Estação de De-briefing de missão
5. Dispositivos de auxílio à formação de equipagens
6. AACMI – Autonomous Air Combat Maneuvering Instrumentation
7. Virtual Radar
8. Simulador de voo, Cockpit Procedures Trainer, Computer Based Training

A Marinha do Brasil pode se beneficiar da exploração de alguma comunalidade com o programa F-5 BR. Isso pode reduzir os custos não-recorrentes da fase de desenvolvimento e industrialização, bem como custos do suporte logístico. Entretanto, a principal vantagem é a formação de pessoal especializado na aeronave, através do desenvolvimento de um projeto que visa nacionalização da manutenção dessas aeronaves.

4.4. Equipe Necessária

Tomando-se como pressuposto que a infra-estrutura do IFI poderá ser empregada e as Forças trabalhem em conjunto, a estrutura mínima de pessoal envolvido pode se detalhada da seguinte forma. Um oficial que seria o coordenador do processo de Certificação. Outro oficial em conjunto com um praça poderia ser responsável pelas questões burocráticas, efetuando e compondo o Grupo de Acompanhamento de Contrato.

Finalmente, um praça poderia ficar alocado na empresa que desenvolverá o projeto, atuando como representante da garantia da qualidade.

5. Conclusão

Verifica-se que apenas o Brasil e a Indonésia ainda não realizaram qualquer processo de modernização em suas aeronaves Skyhawk. Acredito que o momento é bastante propício para tal projeto, visto que as aeronaves começam a sentir o desgaste operacional e consideráveis níveis de obsolescência e a Força Aérea Brasileira já possui experiência no desenvolvimento de novas plataformas e na modernização de aeronaves, contando com sistemas d'armas considerados de quarta geração.

Um processo de modernização mobiliza recursos financeiros e humanos bastante elevados. Sendo assim, a realização de um único processo revitalização ou modernização deveria ser analisada. O processo de modernização, de uma forma geral aumenta a capacidade da aeronave e, em um cenário onde a importância da detecção e velocidade de troca de informações é primordial, pode representar um grande diferencial. Além disso, deveria ser analisada também a possibilidade de compatibilidade sistêmica com as aeronaves da Força Aérea, permitindo troca de dados e a realização de operações conjuntas com uma maior flexibilidade.

Além disso, o processo de certificação busca a garantia do atendimento aos requisitos estabelecidos e a garantia da segurança e por isso a sua importância e necessidade de divulgação para uma maior conscientização no meio militar.

A centralização do processo de Certificação Aeronáutica tende a ser uma necessidade devido aos elevados custos para se manter uma estrutura capaz e o tempo necessário para formar o pessoal envolvido. Dessa forma, poderíamos integrar as três Forças em um mesmo objetivo maximizando os resultados e otimizando os recursos.

6. Referências Bibliográficas

1. ICA-80-2– Certificação de Produto Aeroespacial e de Organizações Fornecedoras deste Produto (FAB/2004).
2. IMA 80-1-RBHPAEM – Requisitos Brasileiros para Homologação de Produtos Aeroespaciais de Emprego Militar. FAB/1983.
3. DHM-012 – Diretrizes e Procedimentos de Homologação, Convalidação e Qualificação. FAB/1997.
4. DHM-008 – Diretrizes e Procedimentos para Ensaios de Homologação, Convalidação e Qualificação. FAB/1997.
5. PHM-003 - Procedimentos de Homologação Militar. FAB/1997
6. DMA 400-6 – Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica. FAB/1992
7. PCP-004 – Procedimento de Certificação de Produto. FAB/1993
8. BLANCHARD, Benjamin S. e FABRYCKY, Wolter J., “Systems Engineering and Analysis”, Third Edition, 1997.
9. <http://www.dac.gov.br/download/downloadrbha.asp>
10. <http://www.ifi.cta.br>
11. <http://www.fab.mil.br/aeronaves/index.htm>
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Sistemas de gestão da qualidade Fundamentos e vocabulário. NBR ISSO 9000*. Rio de Janeiro, 2000.

13. SPITZER, Cary R., "*The Avionics Handbook*",CRC, 2001

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO <p style="text-align: center;">TC</p>	2. DATA <p style="text-align: center;">24 de novembro de 2004</p>	3. DOCUMENTO Nº <p style="text-align: center;">CTA/ITA-IEA/TC-018/2004</p>	4. Nº DE PÁGINAS <p style="text-align: center;">71</p>
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Modernização de Aeronaves Militares e o Processo de Certificação Aeronáutica			
6. AUTOR(ES): Josmar Carreiro Freitas			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia Aeronáutica – ITA/IEA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Certificação, Modernização, Homologação			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Aeronaves militares; Certificação; Homologação; Projeto de aeronaves; Inovações tecnológicas; Engenharia aeronáutica			
10. APRESENTAÇÃO: <p style="text-align: right;">X Nacional Internacional</p> Trabalho de Graduação, ITA, São José dos Campos, 2004. 71 páginas.			
11. RESUMO: <p>Esse trabalho tem como objetivo o conhecimento do processo de certificação aeronáutica, motivado pelo processo de modernização dos caças F-5BR, da Força Aérea Brasileira, pela importância desse processo na garantia da segurança das operações aéreas e na visão prospectiva de uma possível modernização das aeronaves AF-1 Skyhawk, da Marinha do Brasil.</p> <p>Durante o ciclo de vida de um produto aeroespacial e mais especificamente de uma aeronave, surge o momento em que se deve tomar a decisão de revitalizar, modernizar ou desativar esse produto devido ao nível de obsolescência em que se encontra.</p> <p>Portanto, para o caso de uma revitalização ou modernização torna-se necessário a certificação desse novo produto. Esse processo consiste no reconhecimento oficial da conformidade com os requisitos previamente estabelecidos, através do acompanhamento das formas de comprovação previamente acordadas, por órgão competente.</p> <p>Entretanto, a garantia da conformidade dos itens de série só poderá ser atingida se a empresa fornecedora adotar políticas de qualidade bem elaboradas com seus principais documentos, a saber: o plano de qualidade, o manual de qualidade e o plano de gerenciamento da configuração.</p> <p>Sendo assim, o processo de certificação aeronáutico, em crescente divulgação, deve estar presente não apenas em novos produtos mas naqueles que sofrerem modificações em seu projeto inicial. Torna-se necessário, o conhecimento dos principais motivos e etapas para uma modernização bem sucedida. Para isso, foi apresentado um pouco da história do processo de modernização dos F-5BR e efetuou-se uma análise preliminar da possível modernização do AF-1 e do AMX, ressaltando-se as principais vantagens associadas a este processo.</p>			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			