

## NOVAS TECNOLOGIAS NA AVIAÇÃO: A MANUTENÇÃO NA FORÇA AÉREA BRASILEIRA



**Hiller** Silva Enetério AI CFOE AV  
**Aristóteles** Alves de Moraes AI CFOE AV  
**Sonimar** Machado AI CFOE AV  
 Carlos Alberto **Lima** da Silva AI CFOE AV

Rogério Antônio **Borges** Cap Esp Av<sup>1</sup>

### RESUMO

A aquisição de novas aeronaves com tecnologia avançada exige dos mantenedores conhecimentos na área de informática para efetuar a manutenção de alguns sistemas da aeronave. Exige-se, também, da gestão de manutenção, um esforço de adaptação não apenas às novas tecnologias, mas a novos programas de manutenção. Devido à defasagem entre os avanços tecnológicos e à capacitação dos recursos humanos envolvidos, torna-se fundamental, principalmente pelo aspecto da segurança, a abordagem deste assunto. Assim sendo, este trabalho visa confrontar as novas tecnologias decorrentes da aquisição de aeronaves modernas com necessidade de profissionais treinados e qualificados para mantê-las em condições satisfatórias de utilização.

**Palavras-chave:** Manutenção de aeronave. Tecnologia aeronáutica. Manutenção centrada na confiabilidade.

---

<sup>1</sup> Leitor Técnico: Serve atualmente no COMGAP, como adjunto à 4EM.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, é notória a evolução tecnológica no ramo da aviação. Há poucos anos, havia instrumentos analógicos, a manutenção era feita de forma essencialmente manual e exigia grande experiência específica na área, e o mantenedor mantinha o foco de suas tarefas apenas na restauração da condição de uso do equipamento. Hoje, a tecnologia trouxe a informática para dentro das aeronaves; os profissionais de aviação deparam, agora, com instrumentos digitais e, principalmente, realizam a manutenção, às vezes, com um computador ao lado. Sua experiência se torna vital, porém aliada a conhecimentos de todas as áreas, inclusive a informática (Fig. 1).



**Figura 1:** Painéis do C-91A (Avro) e do C-99A (EMB-145).  
**Fonte:** Subseção de Instrução do 1º/2º GT.

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 4	p. 25 - 37	2009
---------	----------------	------	------------	------

Essa mudança de conceito refletiu significativamente na Força Aérea Brasileira (FAB), em virtude do reaparelhamento de sua frota. Projetos antigos, como os C-91A AVRO, F-103E – MIRAGE III, foram substituídos e outros, como os F-5E TIGER, C-130 – HERCULES, foram modernizados.

Tais desafios colocaram os profissionais da FAB em contato com outras tecnologias, outrora desconhecidas, principalmente no campo da manutenção “digital” e da confiabilidade.

O estado da arte na tecnologia aeronáutica avançou rapidamente graças à qualidade e ao surgimento dos micros e dos nanocircuitos, dando a impressão de que o erro humano pode vir a ser “*plenamente eliminado*” dos sistemas. Entretanto, a retroalimentação indica que a razão de erros, tanto cognitivos como psicomotores, está de fato aumentando. (MENEZES, 2008, grifo do autor).

As modernas aeronaves adquiridas pela FAB são avanços tecnológicos totalmente necessários ao cumprimento de sua constitucional; em contrapartida, esses avanços geram a necessidade de pessoal altamente capacitado, possuindo desde conhecimentos básicos de manutenção até a análise de dados obtidos por meio de sistemas informatizados. Palavras como “*software*”, “*download*” ou “*upgrade*” são exemplos de novos termos do dia-a-dia do profissional da manutenção de aeronaves. Esta situação se faz presente em todas as especialidades (eletrônica, elétrica, comunicações, instrumentos, mecânica, estruturas, etc).

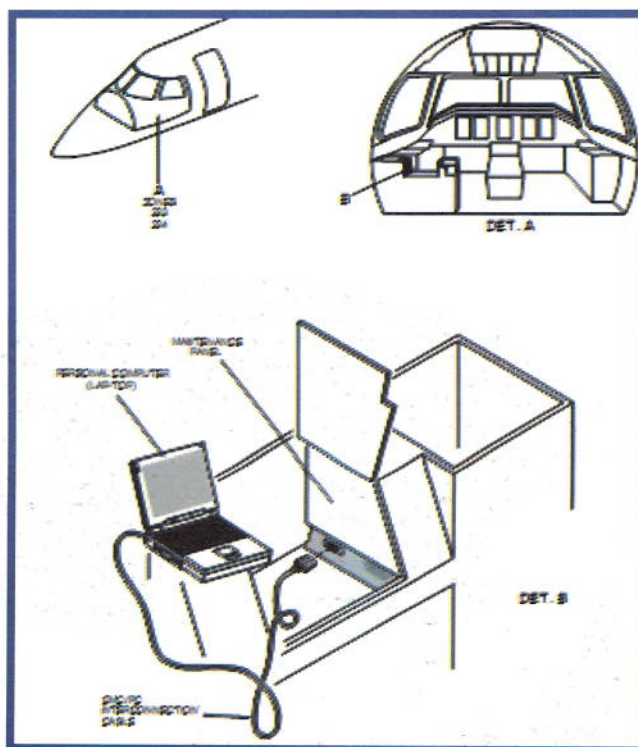
## 2 ASPECTOS DE MANUTENÇÃO

A substituição de uma aeronave obsoleta por uma moderna é sentida em todos os níveis de manutenção, do mais complexo ao mais simples. Um bom exemplo dessa mudança de paradigma ocorre em um Esquadrão de Manutenção.

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 4	p. 25 - 37	2009
---------	----------------	------	------------	------

Nas aeronaves C-91A AVRO, caso ocorra a queda de desempenho do motor, os manuais preveem a realização de procedimentos de manutenção detalhados, inclusive uma inspeção interna das peças do motor, chamada boroscopia, com a finalidade de se encontrarem as possíveis falhas que estariam causando a queda desse desempenho. O procedimento de boroscopia ocasiona grande volume de trabalho na preparação do motor, na execução deste procedimento e na restituição do motor ao estado de funcionamento, após a solução do problema. Percebe-se que este processo diminui a disponibilidade do item e aumenta o custo da manutenção.

Contraopondo-se ao supracitado, na aeronave C-99A EMBRAER 145, tem-se o controle de desempenho do motor realizado por um software chamado "*Compass*". O procedimento de coleta de dados é realizado apenas com o download dos dados que estão armazenados no *Central Maintenance Computer* (CMC) (Fig. 2). Os dados sofrem um processamento, através de um software próprio, gerando os gráficos de desempenho.



**Figura 2:** Download do CMC da aeronave EMB-145

**Fonte:** Aircraft Maintenance Manual (AMM 45-45-00)

Informações obtidas por estes gráficos fornecem, por meio de um *troubleshoot* (pesquisa de pane), o procedimento a ser adotado para corrigir a falha, caso alguma seja encontrada. A aeronave continua disponível e pode-se operá-la até o momento em que o software indique uma possível discrepância do sistema.

Outro sistema a ser destacado são os antigos painéis de instrumentos, que deram lugar ao “*Glass Cockpit*”, telas de LCD com a função de demonstrar de forma mais precisa e dinâmica as informações de todos os sistemas de uma aeronave de forma digital (Fig. 3). Em apenas um display pode-se ter a visualização da navegação ou os dados de operação e monitoração do motor. Esses displays são dispostos de forma a permitir que um possa substituir o outro, em caso de falha. Todos esses procedimentos e

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 4	p. 25 - 37	2009
---------	----------------	------	------------	------

interpretações exigem a mais variada gama de conhecimentos do profissional de manutenção e, principalmente, sua constante atualização.



**Figura 3:** Glass Cockpit Dassault Falcon 2000EX

**Fonte:** Disponível em:

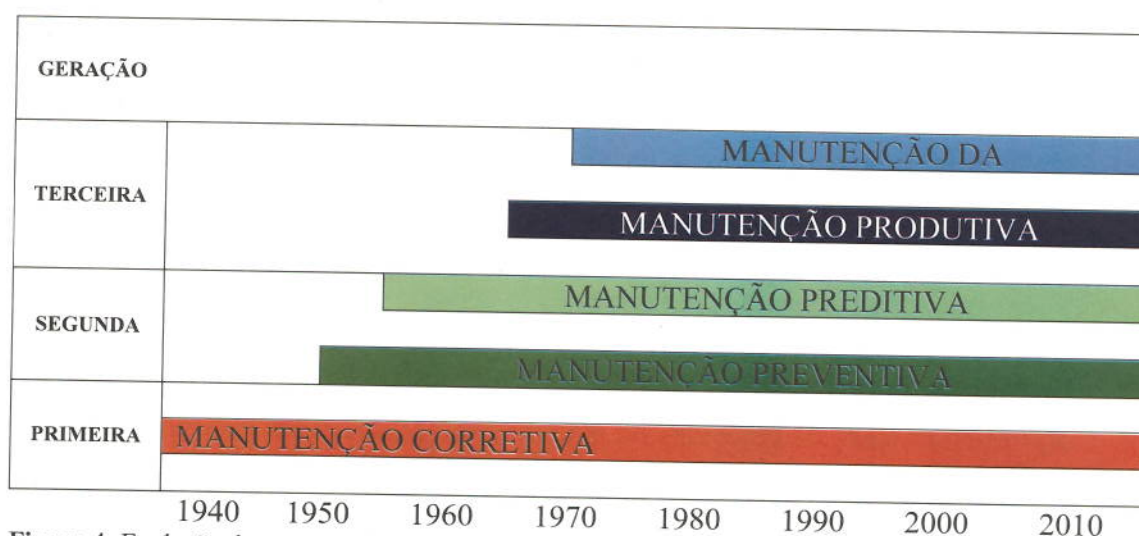
<[www.jetsales.com/mesinger/inventory/images/2000EX-SN-43-Cockpit.jpg](http://www.jetsales.com/mesinger/inventory/images/2000EX-SN-43-Cockpit.jpg)>. Acesso: 15 ago. 2009.

O impacto que a substituição de um modelo de aeronave causa no ambiente de manutenção vai além da adaptação a novos procedimentos de operação ou adaptação a novos recursos tecnológicos. As modernas aeronaves trazem consigo um novo conceito de manutenção para responder às necessidades de alta disponibilidade e baixo custo exigidos pela aviação moderna. Os próximos capítulos reforçam as mudanças consequentes desse processo e as dificuldades para as novas adequações.

### 3 PARADIGMAS DA MANUTENÇÃO

A aviação evoluiu ao longo do tempo devido às inovações tecnológicas que possibilitaram o melhor funcionamento dos equipamentos e a diminuição da ocorrência de falhas. Mesmo com todo o desenvolvimento da qualidade dos equipamentos e sistemas, assim como dos materiais empregados, a manutenção periódica das aeronaves mantém-se necessária. (KINNISON, 2004)

Segundo Siqueira (2005), a história da manutenção pode ser dividida em três gerações, caracterizadas por estágios tecnológicos dos meios de produção, que provocaram mudanças nos rumos da manutenção, conforme exemplificado na figura 4.



**Figura 4:** Evolução da manutenção

**Fonte:** SIQUEIRA, I. P. de. *Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação*. Rio de Janeiro. Qualitymark, 2005.

Na primeira geração, a intervenção da manutenção era realizada de forma reativa, ou seja, a falha do equipamento deveria ocorrer para a manutenção interagir.

Na segunda geração, o trabalho da manutenção incorporou o planejamento como um dos seus fundamentos, interferindo no equipamento antes que uma falha ocorresse. Essa intervenção poderia ser preventiva, na qual a manutenção agia para prevenir as consequências das falhas, ou preditiva, na qual a evolução da falha era acompanhada, possibilitando suas devidas correções.

Na terceira geração, utilizada nos dias de hoje, também conhecida como Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), o foco da manutenção é garantir maior produtividade do equipamento, isto é, o equipamento deve ficar disponível o maior tempo possível, implicando evitar falhas e ou manutenção desnecessária.

Na indústria aeronáutica, a transformação dos processos de manutenção tradicional para a MCC iniciou-se com *Maintenance Steering Group* (MSG). Este grupo, formado por segmentos ligados ao setor da aviação, desenvolveu um programa de manutenção que foi aplicado inicialmente no Boeing 747, chamado de MSG-1 e depois foi generalizado para outras aeronaves – MSG-2.

Para Kinnison (2004), os programas de manutenção utilizados pela aviação comercial possuem atualmente dois tipos básicos de abordagem:

- a) manutenção orientada por processos; e
- b) manutenção orientada por tarefas.

No primeiro caso, os processos de manutenção são definidos utilizando MSG-2, uma evolução do MSG-1, que se fundamenta em procedimentos lógicos desenvolvidos pela *Air Transport Association of America* (ATA), órgão certificador da aviação nos Estados Unidos. Cada item é analisado e categorizado dentro de um dos três processos básicos de manutenção. De acordo com Borges (2009), como mostra o quadro 1 abaixo:

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 4	p. 25 - 37	2009
---------	----------------	------	------------	------

<b>Hard-time (HT):</b>	é um processo de prevenção de falha que indisponibiliza o equipamento para uma inspeção dentro de um intervalo especificado, independente da condição do item.
<b>On Condition (OC):</b>	é um processo de prevenção de falha que exige que o equipamento seja inspecionado ou testado periodicamente para verificar se possui condição de uso.
<b>Condition Monitoring (CM):</b>	por não ser possível detectar desgastes antecipadamente, esse processo é aplicado para equipamentos que não se encaixam nos processos descritos anteriormente.

Quadro 1: Processos básicos de manutenção

Fonte: Elaborado pelo autor.

No segundo caso, as tarefas de manutenção são definidas utilizando o MSG-3, que é uma evolução do MSG-2, e marca o início da prática da MCC na aviação. As tarefas são definidas segundo processos analíticos que têm como base as características dos equipamentos, sistemas ou aeronaves, que permitam aumentar o grau de probabilidade da detecção de uma falha.

A MCC é o processo que visa definir o que deve ser feito para assegurar que não ocorra falha no equipamento dentro das condições de utilização. Ela amplia a ação da manutenção além do escopo tradicional, focado apenas na restauração da condição de uso do equipamento, para um processo de restauração da confiabilidade com aumento da disponibilidade, redução de custos. Esta ação evita a realização de tarefas desnecessárias e procura agir em função dos efeitos e nas consequências das falhas, documentando todas as atividades de manutenção para gerar um banco de dados. (SIQUEIRA, 2005).

Seixas (2006), sobre a MCC, acrescenta:

[...] é a aplicação de um método estruturado para estabelecer a melhor estratégia de manutenção para um dado sistema ou equipamento. Esta

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 4	p. 25 - 37	2009
---------	----------------	------	------------	------

começa identificando a funcionalidade ou desempenho requerido pelo equipamento no seu contexto operacional, identifica os modos de falha e as causas prováveis e então detalha os efeitos e consequências da falha. Isto permite avaliar a criticidade das falhas e onde podemos identificar consequências significativas que afetam a segurança, a disponibilidade ou custo. A metodologia permite selecionar as tarefas adequadas de manutenção direcionadas para os modos de falha identificados. (SEIXAS, 2006)

A mudança da manutenção tradicional para a MCC (Quadro 2) deve ser percebida como um processo voltado para a segurança de voo e a redução de custos, o que contribui para elevar o padrão de qualidade da aviação e a sustentabilidade das organizações governamentais e empresas que exercem este tipo de atividade.

CARACTERÍSTICAS	MANUTENÇÃO TRADICIONAL	MCC
Foco	Equipamento	Função
Objetivo	Manter o equipamento	Preservar a função
Atuação	Componente	Sistema
Atividades	O que pode ser feito	O que deve ser feito
Dados	Pouca ênfase	Muita ênfase
Documentação	Reduzida	Obrigatória e Sistemática
Metodologia	Empírica	Estruturada
Combate	Deterioração do equipamento	Consequência das falhas
Normalização	Não	Sim
Priorização	Inexistente	Por função

Quadro 2: Comparação Manutenção Tradicional com a MCC

Fonte: SIQUEIRA, I. P. de. Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação. Rio de Janeiro. Qualitymark, 2005.

#### 4 AS PERSPECTIVAS DA GESTÃO

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 4	p. 25 - 37	2009
---------	----------------	------	------------	------

A Força Aérea necessita adequar os planos de manutenção de suas aeronaves para acompanhar as evoluções tecnológicas que se apresentam diante de si. Necessita, também, criar condições para capacitar seus recursos humanos visando atender as necessidades logísticas que a aquisição de aeronaves modernas implica.

Pensando nisso, o COMAER, por meio da ICA 400-21 e MCA 400-15, vem implementando um programa de MCC na FAB. (BRASIL, 2006).

Dessa forma, o conceito de manutenção tem se ajustado a essa nova realidade logística, revelando sua atenção a indicadores como disponibilidade, eficácia, segurança e redução de custos, que podem ser identificados teoricamente nesse conceito:

Conjunto de ações ou medidas necessárias à preservação do Sistema ou Material, para mantê-lo em serviço, restituir suas condições de utilização, prover a máxima segurança em sua operação e estender sua vida útil tanto quanto for desejável e viável técnica e economicamente. (BRASIL, 2007).

A manutenção de aeronaves na FAB tem como finalidade garantir sua funcionalidade dentro dos padrões de Segurança de Voo, para que a indisponibilidade seja a menor possível, ampliando-se as possibilidades logísticas do poderio aéreo. A tendência das novas aeronaves a serem adquiridas pela Força é enquadrar-se nesse requisito, exigindo-se das equipes de manutenção uma nova postura.

A cultura disseminada pelos gestores ou técnicos de manutenção na FAB é habilitar o mantenedor a executar reparos dentro de tempos estabelecidos. O desafio que a manutenção de aeronaves baseadas em MCC tem diante de si é restaurar a confiabilidade dos equipamentos.

Utilizando-se dos exemplos do C-91A e do C-99A, nota-se claramente a mudança de intervenção da manutenção entre o modelo antigo, em que era necessário se parar a aeronave para inspecionar o motor, independentemente de apresentar alguma falha, e o modelo atual, em que apenas se monitora o desempenho do motor, intervindo apenas quando necessário.

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 4	p. 25 - 37	2009
---------	----------------	------	------------	------

Esse nível de manutenção foi alcançado pela análise de MCC:

[...] conjunto de ações, baseado em uma metodologia pré-definida, que permite aplicar o processo de MCC a um sistema, item ou componente, de maneira a gerar um Programa de Manutenção Preventiva otimizado e adequado às suas condições operacionais (BRASIL, 2007).

A função estratégica da manutenção consiste em restaurar a confiabilidade do equipamento, identificando como este falha, quais são as suas causas e consequências, além de como evitá-las.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento significativo das novas tecnologias associadas à aeronáutica traz consigo a necessidade frequente de melhorias na manutenção. Neste cenário, a Gestão da Manutenção surge como uma oportunidade de otimização de sistemas produtivos envolvendo redução de custos e de investimentos em equipamentos novos. Manter os equipamentos disponíveis se torna um desafio extremamente necessário para a estratégia de crescimento e desenvolvimento da organização.

A evolução, descrita nos parágrafos anteriores, enfoca a necessidade de aprimoramento dos mantenedores envolvidos nas transições de aeronaves antigas para as novas, além da mudança do paradigma da manutenção tradicional para a MCC.

Outro ponto, frequentemente tratado nas empresas de manutenção e no universo da Administração, é a quebra de paradigmas. Implementar qualquer tipo de cultura ou filosofia, nas quais a organização não está preparada ou familiarizada, é algo que se tornou mandatório para o crescimento de qualquer organização.

Assim sendo, FAB deve se preocupar também, concomitante às adequações supracitadas, com a implantação de uma permanente cultura de segurança, mantendo o

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 4	p. 25 - 37	2009
---------	----------------	------	------------	------

nível de alerta dos seus profissionais da manutenção e garantindo uma boa aceitabilidade aos programas desenvolvidos.

## REFERÊNCIAS

- BORGES, Rogério Antonio. **Filosofia de manutenção**. Belo Horizonte: CIAAR, 2009. 26 slides: color.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Material. **ICA 400-21**: sistema de confiabilidade do SISMA e do SISMAB. Rio de Janeiro: DIRMAB, 2006. 23 p.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Material. **MCA 400-15**: manutenção centrada na confiabilidade. Rio de Janeiro: DIRMAB, 2006. 86 p.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Material. **DCA 400-6**: ciclo de vida de sistemas e materiais da aeronáutica. Rio de Janeiro: DIRMAB, 2007. 69 p.
- KINNISON, Harry A. **Aviation maintenance management**. [s.l.]: McGraw-Hill, 2004.
- MENEZES, Lauro Ney. Pilotos em comando ou... gerente de sistemas. **Idéias em Destaque**, Brasília, n.1, 1989.
- SEIXAS, Eduardo de Santana. **Manutenção centrada na confiabilidade**: estabelecendo a política de manutenção com base nos mecanismos de falha dos equipamentos. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005.
- SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção centrada na confiabilidade**: manual de implementação. Rio de Janeiro. Qualitymark, 2005.

R. CFOE	Belo Horizonte	n. 4	p. 25 - 37	2009
---------	----------------	------	------------	------