

ANÁLISE COMPARATIVA DAS FILOSOFIAS DE MANUTENÇÃO *HARD TIME* E *ON CONDITION*: um estudo de caso sobre suas aplicações no motor PW127G

Luís Fernando Neves Bevictori¹
Alessandro Ferreira Alves²

RESUMO

Este trabalho analisa, de forma comparativa, as filosofias de manutenção *Hard Time* e *On Condition*, apresentando um estudo de caso sobre suas aplicações nos motores aeronáuticos modelo PW127G. Tal abordagem se faz necessária, pois a filosofia *Hard Time* de manutenção foi a primeira na história da aviação e ainda hoje é largamente adotada, embora possa apresentar um custo efetivo total menos vantajoso durante a vida de operação de um item aeronáutico. O objetivo desse estudo é identificar as diferenças entre as duas filosofias e verificar qual das filosofias pode ser mais vantajosa de acordo com as condições de operação. Este propósito será conseguido através de um estudo de caso em motores aeronáuticos que utilizam ambas as filosofias de manutenção dentro do universo de motores operados pelo Comando da Aeronáutica. O estudo evidenciou que a manutenção *On Condition* pode ser muito vantajosa economicamente, dependendo do perfil de utilização, com o uso de programas de monitoramento de tendências de motores, que inspecionam a saúde e o desempenho dos motores, minimizam as despesas de tempo de inatividade e manutenção e maximizam a disponibilidade e utilização.

Palavras-chave: Manutenção. Aeronáutica. Confiabilidade. Monitoramento.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho analisa, de forma comparativa, as filosofias de manutenção *Hard Time* e *On Condition*, apresentando um estudo de caso sobre suas aplicações no âmbito da manutenção aeronáutica, mais especificamente abordando a manutenção de motores aeronáuticos.

O conceito da filosofia *Hard Time* advém de uma intervenção de manutenção com intervalo pré-estabelecido devido à utilização de um equipamento, chamada de inspeção programada, e implica, necessariamente, que o equipamento esteja fora de operação por um período de tempo considerável, acarretando custos diretos (com a manutenção) e, em casos como o de motores

¹ Discente do curso de Pós-graduação em Logística Empresarial.

² Doutor em Matemática Aplicada a Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação da Universidade Estadual de Campinas (FEEC-UNICAMP) em 2011, e Mestre em Matemática Pura pelo Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica da Universidade Estadual de Campinas (IMECC-UNICAMP) em 1999, com Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU) em 1996. E-mail: alessandro.alves@unis.edu.br.

aeronáuticos, adicionam-se custos indiretos (considerando o que uma empresa proprietária do motor deixa de receber por não estar operando-o).

Em contrapartida, a filosofia *On Condition* de manutenção, a segunda desenvolvida na aviação, recebeu maior destaque, pois permite que, ao invés de programar inspeções que tiram o equipamento de serviço, sejam implementadas verificações periódicas da condição de funcionamento do mesmo, que também geram custos de implementação, mas que postergam a remoção do equipamento do serviço ao máximo possível.

Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo identificar as diferenças entre as duas filosofias e verificar qual das filosofias pode ser mais vantajosa de acordo com as condições de operação.

A proposta metodológica deste trabalho pode ser apresentada quanto à classificação e quanto ao planejamento:

Quanto às classificações, de acordo com Silva (2005, p. 20), a pesquisa é um conjunto de ações propostas para encontrar a solução de um problema, que têm por base procedimentos racionais e sistemáticos.

Do ponto de vista da sua natureza, é caracterizada como aplicada, objetivando gerar conhecimento para aplicação prática e dirigida à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais.

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, caracteriza-se como quantitativa, por testar a teoria, mensurar e possibilitar uma análise estatística, tendo como elemento básico a análise de números.

Do ponto de vista de seus objetivos, é caracterizada como exploratória, sendo representada pelas pesquisas bibliográficas e estudos de casos. Estabelece um envolvimento do pesquisador com o objeto de pesquisa e seus problemas. Baseia-se na pesquisa propriamente dita, em entrevistas, referências práticas, exemplos, entre outros.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, caracteriza-se como Estudo de Caso, pois envolve um estudo específico de alguns objetos, permitindo seu amplo conhecimento. Possui ainda um viés de Pesquisa Participante, pois demandou interação com membros das situações investigadas.

Quanto ao planejamento, Segundo Goldenberg (1999, p. 106), para que um estudo seja considerado científico, ele deve obedecer a critérios de coerência, consistência, originalidade e objetivação.

Nesse contexto, este trabalho tem como pergunta norteadora: "Considerando as filosofias de manutenção *Hard Time e On Condition*, é possível avaliar qual apresenta uma maior economia financeira e/ou uma maior confiabilidade no que tange à segurança de voo quando aplicada à manutenção de motores aeronáuticos?"

Para que se tornasse possível a obtenção de uma resposta, as ações adotadas foram divididas em 3 (três) partes:

Na primeira parte, foi realizada a pesquisa do referencial teórico e a apresentação das filosofias de manutenção. Para que se possa compreender o mecanismo de funcionamento das filosofias quando aplicadas, é fundamental o perfeito entendimento dos conceitos e das definições desenvolvidas ao longo dos anos.

A seguir, foi feita a identificação de aplicações das filosofias de manutenção na indústria aeronáutica e, mais especificamente, no contexto do Comando da Aeronáutica.

Por fim, um estudo de caso da aplicação dessas filosofias na manutenção de motores aeronáuticos foi realizado para possibilitar a avaliação e a análise comparativa, objeto desse trabalho.

2 FILOSOFIAS DE MANUTENÇÃO

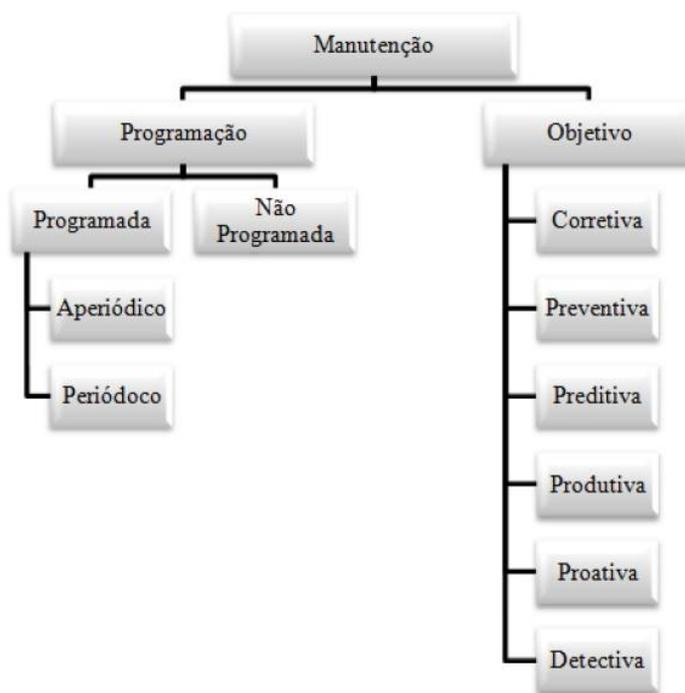
De acordo com Siqueira 2005, as atividades de manutenção podem ser classificadas de acordo com a forma de programação e objetivo de execução das tarefas a serem realizadas, conforme ilustrado na figura 1.

Considerando a forma de programação, a manutenção pode ser classificada como Não Programada e Programada, designando, respectivamente, as atividades executadas em função da necessidade e as atividades que obedecem a critérios de tempo e condições pré-definidas. Pode-se, ainda, subdividir a manutenção programada em Aperiódica (quando é realizada em intervalos variáveis, ou de acordo com as oportunidades) e Periódica (quando realizada em intervalos de tempo constantes).

Considerando a programação, no que tange aos seus objetivos, a manutenção pode ser classificada em:

- a) Reativa ou Corretiva (destinada à correção de falhas já ocorridas);
- b) Preventiva (destinada a evitar e prevenir as consequências das falhas);
- c) Preditiva (busca a previsão ou antecipação da falha. Mede parâmetros indicativos da evolução das falhas a tempo de correções);
- d) Detectiva (identifica falhas já ocorridas e não percebidas);
- e) Produtiva (objetiva a melhoria da utilização e a maior produtividade dos equipamentos);
- f) Proativa (visa otimizar o processo e o projeto de novos equipamentos fazendo uso da experiência, com o conceito de melhoria contínua).

Figura 01 – Classificação das atividades de manutenção



Fonte: Siqueira (2005, p.12)

Nesse mesmo contexto, entre as diferentes formas de classificação da manutenção, destaca-se a manutenção programada periódica e preventiva, que, segundo Dinis 2009 e Mendes 2011, é caracterizada pelo conjunto de atividades planejadas cujo objetivo é de reduzir a probabilidade de falhas nos equipamentos.

De acordo com a MCA 400-15 (2006), uma tarefa de manutenção é classificada como uma atividade *Hard Time* quando realizada através da remoção programada de um componente ou item para troca ou revisão geral, ao atingir uma idade máxima (limite) especificada pelo fabricante, independente deste componente ou item apresentar uma falha funcional.

A MCA 66-7 (2014) define que um processo de manutenção *Hard Time* (HT) é aquele no qual é estabelecido o limite de uso operacional: o TBO (*time between overhaul*) ou TLV (tempo limite de vida), para itens recuperáveis; e o TLV, para itens consumíveis. Ao se trabalhar com TBO, valores são estipulados para a realização de uma revisão geral em sistemas e acessórios, tais como: motor, hélice metálica e outros, sendo esses limites definidos dentro da vida em serviço fornecida pelo fabricante ou constatada pelo Operador.

Ainda de acordo com a MCA 66-7 (2014), pode-se dizer que, com o TBO reflete-se uma expectativa de vida em serviço em termos de horas de voo, tempo de calendário, ciclos ou número de acionamentos, determinado por estimativas de engenharia e/ou a prática. O valor usado em relação à expectativa de vida (por exemplo, 2400 horas e/ou 48 meses) se refere a um conceito da confiabilidade no que tange a taxa de falha, que representa um ponto a partir do qual a continuidade

do emprego do item cria uma alta probabilidade de falha em um curto período de tempo. O TLV, da mesma forma, possui restrições ao uso adicional para determinados itens recuperáveis, como por exemplo: pá de rotor e hélice não metálicas e itens consumíveis, como por exemplo: graxa, lubrificante, porca e parafuso, e tais valores servem para provocar o seu descarte.

Assim, segundo a MCA 66-7 (2014), uma tarefa HT é concebida como aquela realizada envolvendo a remoção programada de um componente para troca e/ou revisão geral ao se atingir um limite específico definido pelo fabricante, independente de apresentar falha funcional.

Neste cenário, entendidos os conceitos que resumem as atividades de manutenção segundo a filosofia HT, de acordo com Dinis (2009), em componentes ou sistemas onde a adoção da filosofia *Hard Time* é ineficiente, utiliza-se a manutenção preventiva condicional, ou *On Condition*.

A manutenção, segundo a filosofia *On Condition*, se pauta na existência de alguma inspeção que, sem a necessidade de remoção do item, ele possa ser avaliado quanto ao seu estado de funcionamento, o que a torna interessante sob o ponto de vista da disponibilidade de itens de grande impacto, como em motores aeronáuticos.

Segundo a MCA 66-7 (2014), o processo de manutenção *On Condition* (OC) é aquele no qual a condição do sistema ou conjunto maior em relação a um limite especificado é determinada periodicamente por inspeção visual, teste ou outro meio adequado de padrão físico (desgaste ou deterioração), sem que seja necessário desmontá-lo ou revisá-lo. Seu uso será restrito a sistemas e itens que permitem quantificar as tolerâncias existentes nas orientações técnicas aplicáveis, como por exemplo:

- a) sulcos dos pneus e pinos indicadores de desgaste das pastilhas dos freios;
- b) boroscopia do motor;
- c) espectrometria de óleo;
- d) fios rompidos de cabos de comando;
- e) acoplamentos, hastes de controle, roletes e parafusos autoatarraxantes;
- f) Monitoramento da Condição do Motor (Engine Condition Monitoring - ECM).

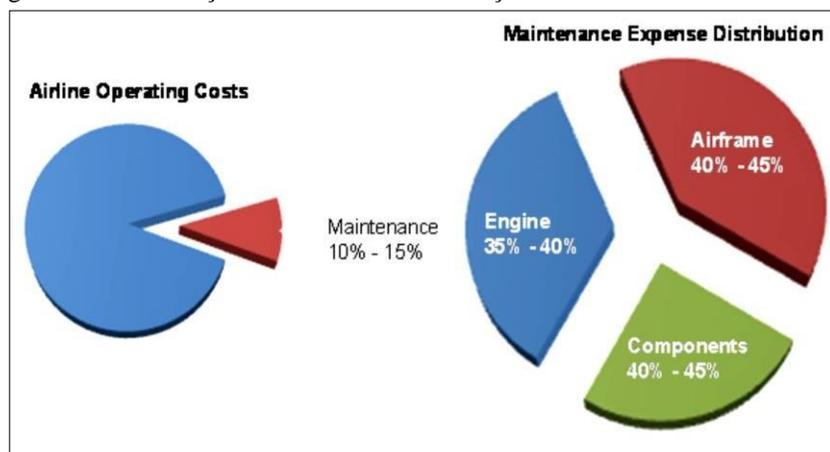
Ainda de acordo com a MCA 66-7 (2014), a maior parte dos Operadores comerciais emprega o processo OC a fim de determinar quando efetuar a revisão geral de um componente e os dados coligidos são, entre outros, consumo de combustível e óleo, resultados de inspeções, tendências nas leituras de instrumentos medidores de desempenho, resultados de análises, todos os quais são comparados a padrões para prever a redução de sua confiabilidade.

Dessa forma, tomando como base os conceitos pesquisados, foi possível estabelecer uma comparação das filosofias de manutenção à luz da pergunta tema e entender como é regida a dinâmica de funcionamento de cada uma delas.

3 IDENTIFICAÇÃO DE APLICAÇÕES DAS FILOSOFIAS DE MANUTENÇÃO NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA

Segundo Ackert (2011), a manutenção descreve o trabalho necessário durante a vida útil de um motor para garantir que ele funcione com segurança, confiabilidade e rentabilidade. Os custos de manutenção de aeronaves representam cerca de 10% - 15% das despesas operacionais de uma companhia aérea, dos quais 35% - 40% são do motor relacionado, vide o esquema na figura 2.

Figura 02 - Distribuição de Custos em Manutenção de Aeronaves



Fonte: Ackert (2011, p.10)

Considerando a relevância dos custos de manutenção dos motores frente ao custo de manutenção da aeronave, a escolha da filosofia de manutenção ganha grande relevância dentro do mercado aeronáutico.

Considerando o ciclo de vida de um item aeronáutico reparável, e no intuito de evidenciar as diferenças práticas entre a manutenção regida por cada uma das filosofias abordadas nesse trabalho, tomou-se como exemplo suas aplicações em motores aeronáuticos.

Em motores regidos pelo programa de manutenção *Hard Time*, normalmente são previstas pelo menos duas intervenções de desmontagem. A primeira chamada de “Inspeção da Seção Quente”, realizada em um intervalo horário específico, normalmente a metade do limite do tempo de revisão; e uma segunda, que é a própria revisão geral, também realizada em um intervalo horário específico. Em ambas as intervenções, as discrepâncias encontradas devem ser corrigidas, as tolerâncias verificadas e, caso necessário, totalmente restauradas para que o motor retorne à condição de operação.

Em contrapartida, os motores cujo programa de manutenção é regido pela filosofia *On Condition* não requerem uma intervenção na “Seção Quente” ou exigem uma revisão geral pré-definida para que o motor continue em operação. O programa exige uma intervenção com desmontagem do motor apenas quando há a identificação de discrepâncias descobertas através de

inspeções de rotina ou do monitoramento dos parâmetros do motor, demandando alguma correção, ou quando subcomponentes com tempo limite de vida alcançam a vida útil máxima e precisam de substituição. Nesse modelo de manutenção, o motor pode demandar um trabalho intenso, semelhante a uma revisão geral, ou pequenas reparações mais simples, dependendo da quantidade de desgaste encontrada no momento da desmontagem.

Nesse contexto, entre todos os motores operados pela Força Aérea, cujos dados de operação e manutenção encontram-se no Sistema Integrado de Logística de Material e de Serviços – SILOMS, que, de acordo com SAITO (2014), é um Sistema online do tipo ERP (Enterprise Resources Planning), que engloba funcionalidades de MRP II (Management Resources Planning), com banco de dados centralizado, destinado a apoiar a gerência de atividades da logística, foram tomados para exemplos os motores IAE V2500 e o PW 127G.

O IAE V2500, fabricado pela empresa IAE - International Aero Engines, uma joint venture, formada por 4 (quatro) grandes fabricantes de motores mundiais: Rolls-Royce, Pratt & Whitney, Japanese Aero Engine Corporation e MTU Aero Engines, possui um programa de manutenção baseado na filosofia *On Condition*. Sua utilização se dá na aeronave AIRBUS A319 ACJ, que conta com dois desses motores.

De acordo com o *MAINTENANCE MANUAL - V2500-A1/A5 Rev. Feb 1/15 (2015)*, como principal característica da filosofia, ele possui um tempo entre revisões gerais de 20000 (vinte mil) horas de voo, que, de acordo com a utilização de cada operador, a exemplo da FAB, permite operar por mais de 10 (dez) anos sem que seja necessário removê-lo da aeronave, fazendo-se apenas revisões periódicas com os motores nas próprias asas do avião.

De acordo com o *MAINTENANCE MANUAL - PW127G Rev. 31 (2016)*, o motor PW127G, fabricado pela empresa Pratt & Whitney Canada - PWC, possui um programa de manutenção flexível, baseado tanto na filosofia *Hard Time* quanto na filosofia *On Condition*. No âmbito do Comando da Aeronáutica, ele é empregado nas aeronaves AIRBUS D&S C-295 CASA, que conta com dois desses motores em cada aeronave, operando e sendo mantido segundo as práticas da manutenção *Hard Time*.

Como principal característica da filosofia, possui no seu programa de manutenção uma inspeção chamada de Inspeção da Seção Quente (HSI – Hot Section Inspection), que ocorre a cada 3000 (três mil) horas de voo, servindo como inspeção intermediária da revisão geral que acontece a cada 6000 (seis mil) horas de voo.

Além dessas inspeções, a exemplo do V2500, o motor da PWC também possui inspeções menores, feitas com o motor no avião. De acordo com os registros do SILOMS, quanto à utilização da FAB, os motores estão operando em média de 6 a 7 anos antes de serem removidos e enviados para inspeção.

Uma característica do motor PW127G, que o diferencia dos demais, é a possibilidade do operador definir qual programa de manutenção será seguido. No seu manual de manutenção, *MAINTENANCE MANUAL Rev. 31*, são previstas diferentes práticas e inspeções tanto para a filosofia *Hard Time* quanto para a *On Condition*. Por esse motivo, e ainda, por ser um motor

largamente utilizado também na aviação comercial, esse motor foi escolhido para servir como tema do estudo de caso apresentado a seguir.

4 ESTUDO DE CASO DE APLICAÇÃO DAS DIFERENTES FILOSOFIAS NA MANUTENÇÃO NO MOTOR PW127G

Para melhor entender e tentar comparar, de forma mais objetiva, as filosofias, foi realizado um estudo de caso tomando para análise o modelo PW127G, que pode ser mantido segundo as duas filosofias de manutenção.

No âmbito do Comando da Aeronáutica, a operação desse modelo de motor foi iniciada em 2006, com a chegada das aeronaves C-295.

De acordo com os registros do SILOMS, ao todo são hoje 28 motores que compõem a frota brasileira, operando nas diversas regiões do país, sob os mais diferentes climas e condições de voo. Essa heterogeneidade na operação demanda um grande controle e acompanhamento da frota por parte dos gerentes técnicos e logísticos, tanto no que diz respeito ao controle dos intervalos de manutenção e a correta obtenção dos dados de monitoramento da vida desses motores quanto da observação das tendências dos mesmos a partir dos resultados das análises dos dados coletados.

Segundo a 31ª (trigésima primeira) revisão do manual de manutenção do motor PW127G, de fevereiro de 2016, os nossos motores possuem a possibilidade de operar tanto sob a filosofia de manutenção *Hard Time* quanto sob a *On Condition*.

A Força Aérea opera hoje seus motores segundo a filosofia *Hard Time* e realiza as inspeções das seções quentes (*Hot Section Inspection* - HSI) dos seus motores, através de um contrato com a empresa vencedora do processo licitatório realizado para este fim; com isso, todas as informações necessárias sobre a manutenção e seus custos foram disponibilizadas de forma direta.

Como o objetivo deste trabalho é uma análise comparativa, os valores que serão apresentados foram tratados e expressos em uma unidade monetária de referência criada pelo autor, para permitir somente a identificação comparativa dos custos das duas formas de se manter os motores, sem mencionar valores reais investidos no contrato em vigor.

Em consulta aos registros de execução do contrato de inspeção de seção quente, foi possível identificar a seguinte execução orçamentária de uma amostra das inspeções de HSI, realizadas de 2012 até Junho de 2016, vide quadro 1.

Quadro 01 – Execução orçamentária amostral

| Ano | Valor em unidade monetária de referência | Motores que passaram por HSI |
|------------|---|-------------------------------------|
| 2012 | 31,6 | Motores 2076 e 2096 |
| 2013 | 20,0 | Motor 2075 |
| 2013 | 21,1 | Motor 2090 |
| 2013 | 21,3 | Motor 2051 |
| 2013 | 21,5 | Motor 2086 |
| 2013 | 16,9 | Motor 2095 |
| 2013 | 21,2 | Motor 2077 |
| 2013 | 17,0 | Motor 2094 |
| 2013 | 17,8 | Motor 2117 |
| 2014 | 27,2 | Motor 2130 |
| 2016 | 65,3 | Motores 2118 e 2119 |

Fonte: Processo Administrativo de Gestão do Contrato de HSI - Elaborado pelo autor

Como foi possível identificar os custos com inspeções de HSI, somam um total aproximado de 281 Unidades monetárias de referência para a manutenção de uma frota de 13 motores.

Para tornar possível a análise comparativa, foi feito um levantamento a partir das informações descritas nos Manuais de Manutenção da fabricante, Pratt & Whitney Canadá, bem como através de entrevistas a representantes técnicos da P&WC quanto aos requisitos que precisariam ser cumpridos para que a FAB pudesse operar os seus motores na condição *On Condition*.

Como resultado, dois aspectos foram abordados: o esforço aéreo operacional ao qual a frota será submetida e a condição de monitoramento.

Quanto ao esforço operacional, a manutenção *On Condition* é indicada para frotas com previsão de alta utilização, enquanto a *Hard Time* pode ser mais adequada para frotas com baixa utilização.

Quanto ao monitoramento, foi identificada a necessidade de implementação de um programa de monitoramento de tendência dos motores chamados de *Engine Condition Trend Monitoring* – ECTM, onde toda e qualquer alteração no desempenho dos motores é observada conseguindo-se identificar a real condição do motor sem a necessidade de se remover o mesmo da aeronave, permitindo a sua máxima utilização, operando-se até o limite de revisão geral (6000EH ou mais) sem que se faça uma Inspeção de Seção Quente – HSI (3000 EH).

Considerando os aspectos levantados, este trabalho se restringiu à avaliação sob o ponto de vista do monitoramento, deixando a avaliação e o dimensionamento do esforço aéreo como sugestão para trabalhos futuros.

Dessa forma, os seguintes requisitos foram identificados:

- a) Implantação do sistema de coleta de dados de monitoramento do motor;
- b) Contratação da plataforma online de tratamento dos dados (WebECTM);

- c) Treinamento (capacitação) da equipe destinada ao tratamento e análise dos dados obtidos e/ ou Contratação dos serviços de tratamento e análise dos dados.

Na quadro 2, cada um dos requisitos foi considerado na tentativa de se avaliar o custo total para implementação do programa, tomando como padrão a unidade monetária de referência.

Considerando os custos estimados, a implementação do programa poderia ser feita com um investimento mínimo estimado de 80,4 Unidades monetárias de referência, contudo, vale ressaltar os seguintes pontos:

- a) No requisito capacitação foi considerada, para efeito de cálculo, a capacitação de dois militares por ano, por 12 anos, realizando os 3 (três) cursos referentes ao motor fora do Brasil, incluindo os custos dos cursos, diárias e passagens aéreas;
- b) A plataforma online para tratamento dos dados poderia ser contratada diretamente com a fabricante do motor, sob a forma de uma assinatura de pagamento mensal fixa;
- c) Os serviços de tratamento e análise de dados poderiam ser licitados e realizados via contrato com pagamentos mensais ou sob demanda, a critério da administração;
- d) Há a possibilidade de se optar pela capacitação parcial e pela contratação do serviço de tratamento e análise, ficando o investimento máximo estimado em 199,2;
- e) Os custos apresentados poderiam suportar a frota dos 28 motores, e não apenas 13, como descrito no quadro de custos do HSI, pois, uma vez que a plataforma seja contratada e a capacitação seja obtida, o trabalho para o tratamento e análise poderia ser feito pelos militares para quantos motores fossem necessários pelo mesmo valor investido;
- f) Com a implementação do programa de monitoramento, não se tem a garantia que nenhum motor apresentará problemas durante a operação, mas sim que a operação estará controlada e que, caso alguma tendência discrepante seja identificada, a mesma poderá ser corrigida de forma antecipada.

Quadro 02 – Custo estimado de implementação do programa

| Requisito | Status atual na FAB | Custo de implementação |
|---|-----------------------------|-------------------------------|
| Implantação do sistema de coleta de dados de monitoramento do motor | Já feito | Zero |
| Contratação da plataforma online de tratamento dos dados (WebECTM) | Não possui | 59,4* |
| Treinamento (capacitação) da equipe destinada ao tratamento e análise dos dados obtidos | Possui 1 militar capacitado | 21,0 |
| Contratação dos serviços de tratamento e análise dos dados | Não possui | 118,8* |

Fonte: Entrevistas e outros contratos de suporte e análise de dados de motores. Elaborado pelo autor.

* Custo estimado, valores oficiais não recebidos até o prazo de envio do trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por objetivo identificar as diferenças entre as duas filosofias e verificar qual das filosofias pode ser mais vantajosa de acordo com as condições de operação.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa do referencial teórico com a apresentação dos conceitos das filosofias de manutenção; a seguir, foi feita a identificação de aplicações das filosofias de manutenção na indústria aeronáutica e, mais especificamente, no contexto do Comando da Aeronáutica; e, por fim, foi realizado um estudo de caso da aplicação dessas filosofias na manutenção de motores aeronáuticos, possibilitando a avaliação e a análise comparativa desejada.

Os resultados obtidos tornaram evidente que, sob o ponto de vista teórico, a adoção da filosofia de manutenção *On Condition* pode conferir uma grande economia financeira à Força Aérea Brasileira, se for optada em detrimento da filosofia de manutenção *Hard Time* hoje praticada. Através da comparação do custo de realização das inspeções da seção quente (HSI) com o custo de implementação e manutenção do programa de monitoramento, as economias no médio e longo prazo são claras mesmo considerando a unidade monetária de referência, minimizando as despesas de tempo de inatividade e manutenção e maximizando a disponibilidade e utilização.

Contudo, sob o ponto de vista prático, é necessário avaliar se de fato a aplicação da metodologia *On Condition* é a mais recomendada, considerando o esforço operacional pretendido, que por si só justificaria a operação *Hard Time*.

Sob o aspecto da confiabilidade, no que tange à segurança de voo, a manutenção *On Condition* também é a mais recomendada, pois com a implementação do programa de monitoramento (WebECTM) é possível monitorar a saúde e o desempenho dos motores ao longo de todo o seu ciclo de vida, possibilitando a identificação de problemas de forma precoce e tornando a ação de manutenção mais eficiente.

Contudo, uma avaliação crítica da forma de adequação da cultura organizacional das unidades de manutenção do COMAER se faz necessária.

Para trabalhos futuros um tema a ser abordado é: a avaliação da aplicação da filosofia *On Condition* às frotas de motores que operam sob a filosofia *Hard Time* no âmbito do COMAER à luz do esforço operacional pretendido das práticas e da cultura organizacional das Organizações Militares.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MAINTENANCE PHILOSOPHIES “HARD TIME” AND “ON CONDITION”: A CASE STUDY ABOUT THEIR APPLICATION TO THE MOTOR PW127G

ABSTRACT

This paper analyzes, comparatively, “Hard Time” and “On Condition” maintenance philosophies, presenting a case study on their applications in engines PW127G model. This

approach is necessary because the maintenance philosophy “Hard Time” was the first in aviation history and it is still widely adopted, although there may be a total effective cost less advantageous during the operating life of an aeronautical item. The aim of this study is to identify the differences between the two philosophies (“Hard Time” and “On Condition”) and find in what aspects one of the philosophies can be better than other. This purpose will be achieved through a case study in aeronautical engines using both maintenance philosophies within the engine universe operated by FAB. The study showed that the “On Condition” maintenance can be very advantageous economically, depending on the usage profile, using engine trends, showing that monitoring the health and performance of the engines, minimizes downtime costs and maintenance and, also maximizes the availability of the device and its use.

Keywords: Maintenance. Aeronautics. Reliability. Monitoring.

REFERÊNCIAS

- ACKERT, S. **Engine Maintenance Concepts for Financiers Elements of Turbofan Shop Maintenance Costs**. 2. ed. AIRCRAFT MONITOR, 2011. Disponível em: <http://www.aircraftmonitor.com/uploads/1/5/9/9/15993320/engine_mx_concepts_for_financiers___v2.pdf>. Acesso em: 4 abr. de 2016.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Material Aeronáutico e Bélico. MCA66-7: **Manual de Manutenção Doutrina, Processos e Documentação de Manutenção**, 2014.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Material Aeronáutico e Bélico. MCA400-15: **Manutenção Centrada na Confiabilidade**, 2006.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Universidade da Força Aérea. Revista UNIFA V.12, N. 14, Artigo: **Confiabilidade dos Sistemas de Armas – Uma Proposta de Gerenciamento**, 1998.
- BRASIL. Instrução Suplementar Nº 91.409-001 Rev. A. Manutenção de aeronaves equipadas com motores convencionais - tempo recomendado entre as revisões gerais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Agência Nacional de Aviação Civil. 30 mai. 2014. Seção 1, p. 54.
- BRASIL. Instrução Suplementar Nº 120-001 Rev. B. Programa de Manutenção de Empresas de Transporte Aéreo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Agência Nacional de Aviação Civil. 3 jan. 2014. Seção 1, p. 2.

CAMPOS, F. E. A. **Uma Contribuição ao Estudo do Problema da Escolha entre Manutenção Própria ou Contratada numa Empresa de Transporte Aéreo, tomando-se por Base o Método Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making (MCDM)**. 2011. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011;

DINIS, D. N. C. C. **Análise do Line Maintenance Manual numa perspectiva de melhoria contínua do Programa de Manutenção Avião**. 2009. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. 2009

GOLDENBERG, Mirian. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record, 1999;

LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MACHADO, M. C.; URBINA, L. S. **Manutenção aeronáutica no Brasil: distribuição geográfica e técnica**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31., 2011, Belo Horizonte.

MAINTENANCE MANUAL - PW127G - Manual Part No. 3044822, Revision No. 31.0, Dated FEB 08/2016.

MAINTENANCE MANUAL - V2500-A1/A5 IETP - DVD-V2500-1IA-ENG IAE International Aero Engines - Revision Feb 1/15.

MENDES, A. A. **Manutenção Centrada em confiabilidade: uma abordagem quantitativa**. 2011. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2011.

SAITO, F. J. SILOMS como a fonte de dados de manutenção para a metodologia MSG-3 aplicada ao plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas. **Revista UNIFA**, v.27, n. 35, , p. 41, dez. 2014.

SERVICE&SUPPORT P&WC Web Portal - Portal de Serviços e Suporte da Pratt & Whitney Canadá. Disponível em: < <http://www.pwc.ca/en/service-support>>. Acesso em: 20 de julho de 2016.

SILOMS. **Sistema Integrado de Logística de Materiais e Serviços**, 2016. Disponível em: <<http://intranet.siloms.aer.mil>>. Acesso em: 15 de junho de 2016.

SILVA, E. Lúcia D.; MENEZES, E. Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

SIQUEIRA, I. PATRIOTA DE. **Manutenção Centrada na Confiabilidade**: Manual de Implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

WEBECTM/ENGINE CONDITION TREND MONITORING. Plataforma Online para tratamento dos dados de desempenho do motor. Disponível em: < <https://webectm.ca/>>. Acesso em: 20 de julho de 2016.

WEBECTM/ENGINE CONDITION TREND MONITORING. Treinamento para Profissionais da área de Manutenção de aeronaves. Disponível em: <<https://www.flightsafety.com/fs/61114552-9363-e568-923a-00004845c6b4/data/cm/v/1788293/WebECTMEngineConditionTrendMonitoring.pdf>>. Acesso em: 20 de julho de 2016.

