

Reflexões Sobre Engenharia de Sistemas (ES) – Manutenção Programada

- *Certificador de produto Aeroespacial (DCTA/IFI)*
- *Representante Governamental da Garantia da Qualidade– RGQ (DCTA/IFI)*
- *Pós-graduado em Engenharia de Confiabilidade e em Engenharia de Segurança de Sistemas (ITA)*
- *Especialização em Engenharia e Análise de Sistemas (Itália)*
- *Participação no programa conjunto (Brasil-Itália) de desenvolvimento da aeronave militar caça-bombardeiro AM-X*
- *Experiência de uma década como Engenheiro responsável pela manutenção “off aircraft” de sistemas eletrônicos e instrumentos de aeronaves.*

jberquo@dcabr.org.br / jberquo@gmail.com

MSC 71– 04ABR2019

Já tratamos rapidamente do assunto nos MSC 35 e 36, “flashes”, onde nos referimos aos elementos do suporte técnico-logístico aplicados na fase operacional, concentrando-nos, portanto, na manutenção, treinamento, equipamentos de apoio no solo - EAS (: Ground Support Equipment – GSE), manuais de manutenção e peças de reposição. Neste MSC, daremos ênfase à manutenção programada (“Scheduled Maintenance”), que inclui todas as ações de manutenção preventiva e preditiva para manter a aeronave e seus sistemas em condições operacionais, ao longo da vida operacional. *Apreciem.*

O Subsistema Técnico-Logístico, de um sistema aeronáutico, que se desenvolve em concomitância com o Subsistema Operacional, compõe-se, repetimos, dos seguintes elementos: manutenção, treinamento, equipamentos de apoio no solo (EAS) e peças de reposição. Todos os elementos giram em torno do elemento manutenção, i.e, a manutenção é o foco de todos eles.

De passagem, lembramos que o desenvolvimento de um inteiro sistema aeronáutico agrega também os indispensáveis requisitos da Autoridade de Aeronavegabilidade (ANAC, FAA, EASA, etc.), voltados inteiramente para a segurança (safety), tanto para o Subsistema Operacional quanto para o Subsistema Técnico-Logístico; em particular, a manutenção.

A Manutenção decorre da característica de projeto denominada *Mantenabilidade*¹ (*Maintainability*), que pode ser conceituada como sendo uma característica de projeto e de instalação, que é expressa como a probabilidade

de um item² ser mantido numa condição específica ou restaurado a essa condição, dentro de um determinado período de tempo, quando a manutenção é executada de acordo com os procedimentos e recursos (elementos) desenvolvidos para essa atividade.

Definem-se dois tipos de manutenção: manutenção corretiva e manutenção preventiva.

Two types of maintenance are defined: corrective maintenance and preventive maintenance.

Manutenção corretiva – Inclui todas as ações de manutenção, realizadas em uma aeronave ou seus sistemas, em virtude de um mau funcionamento ou falha dos mesmos, com o objetivo de restaurá-los à condição operacional prevista. O ciclo da manutenção corretiva inclui: localização da falha ou mau funcionamento, desmontagem, remoção e substituição de itens e reparo, montagem e teste da operacionalidade do *item reparado*.

O processo em si da manutenção corretiva é simples: se surgir, por exemplo, uma falha estrutural, a aeronave ficará indisponível para que seja realizada a manutenção corretiva, na aeronave (*On Aircraft* ou *On A/C*).

Se for um mau funcionamento ou falha de um equipamento de um sistema da aeronave, esse equipamento é retirado e enviado a uma oficina para o devido reparo, ou seja, fora da aeronave (*Off Aircraft* ou *Off A/C*). Neste caso, a aeronave só ficaria indisponível se não houvesse um equipamento de giro de mesmo PN (*Part Number*), no estoque, para a substituição.

¹V. Ref. 1.

² Neste contexto, item é qualquer parte material da aeronave. Num contexto geral, até pessoas podem ser itens.

Manutenção Preventiva – inclui todas as ações de manutenção previstas num plano de manutenção programada, objetivando manter aeronave/sistemas nas condições operacionais previstas. A manutenção preventiva se desenvolve por meio de inspeções, monitoramento da condição operacional da aeronave/sistemas, substituição de itens críticos e calibração. Podem também ser incluídos na categoria de manutenção preventiva os pequenos serviços (*servicing*) de pista, como, por exemplo, lubrificação, abastecimento, verificação de níveis de óleo, etc.

A manutenção preventiva tem dois objetivos:

1. minimizar a manutenção corretiva, que significa custos e indisponibilidade da aeronave, o que gera problemas na receita de empresas aéreas, ou atrasos que trazem aborrecimentos aos usuários; e
2. evitar mau funcionamento ou falha de itens críticos, isto é, com condições de falha catastrófica ou perigosa (*hazardous*), entre uma inspeção e outra.

Existe um caso especial de manutenção preventiva, denominado Manutenção Preditiva, consistindo em monitorar com equipamentos dedicados à verificação da condição da aeronave/sistema (*condition monitoring*), utilizando métodos de verificação do estado de degradação da estrutura/sistemas, de maneira tão exata quanto possível, decidindo então, segundo critérios bem elaborados, pela continuidade ou não da operação da aeronave/sistemas, a despeito de algum desgaste observado, estabelecendo o prazo para uma nova inspeção.

Para realizar a manutenção preditiva, é necessário saber como o item falha (física da falha) e utilizar métodos de teste que incluem equipamentos especiais, como por exemplo boroscópios (caso do motor), raios X (caso de trincas), etc.

Níveis de Manutenção - A manutenção corretiva e preventiva podem ser realizadas na própria aeronave (*On A/C*) ou fora da aeronave (*Off A/C*), caso dos sistemas da aeronave, em oficinas de manutenção. Consideram-se três níveis de manutenção:

1. manutenção de primeiro nível *On A/C*, também chamada de Manutenção

Organizacional, realizada no site onde a aeronave opera;

2. manutenção de segundo nível *On A/C* ou *Off A/C*, também denominada Manutenção Intermediária, realizada em oficinas próximas ao *site* do operador; e
3. manutenção de terceiro nível (*Depot Level*) *On A/C* ou *Off A/C*, em oficina remota do próprio operador, ou no fabricante, ou ainda em oficina particular autorizada.

Em seu processo de aplicação, a manutenção pode ser programada (*scheduled*) e não programada (*unscheduled*).

A programada abriga a manutenção preventiva, realizada segundo um programa bem estabelecido e de acordo com critérios bem definidos. A não programada é aquela que ocorre quando a aeronave tem, por exemplo, um problema estrutural, ou um sistema que apresenta um mau funcionamento ou falha, isto é, entra no estado de pane.

O Documento de Planejamento de Manutenção programada (Maintenance Planning Document – MPD), aplicado em toda a fase operacional, define várias paradas da aeronave, com intervalos de tempo criteriosamente definidos para a realização de manutenção preventiva. São os chamados *checks* A, B, C, D, que podem envolver inspeções das mais simples (A) para as mais complexas (D). Durante esses *checks*, podem ocorrer reparos na estrutura da aeronave ou remoções preventivas de itens para serem submetidos à manutenção *Off A/C*, evitando que os mesmos venham a ter problemas no intervalo entre o *check* em curso e o próximo *check*.

Notem que a manutenção programada e não programada podem ser *On* ou *Off A/C*.

A manutenção não programada, seja ela *On A/C* ou *Off A/C*, é sempre corretiva, isto é, ela só ocorre quando surge um problema com a aeronave ou com equipamentos de um outro de seus sistemas. É o caso dos itens eletrônicos e alguns itens de outros segmentos não considerados críticos.

Devemos deixar claro, e isto deve ser evidenciado, que o MPD não se aplica a itens eletrônicos, uma vez que os mesmos operam ou não operam, não sendo possível verificar se há desgaste ou não desses equipamentos.

O MPD volta-se aos outros segmentos, como por exemplo o segmento mecânico (controles de voo, potência hidráulica, trem de pouso), segmento propulsivo, estrutural, etc., isto é, aqueles segmentos que não são objeto da atividade de *Safety Assessment*, em sua magnitude³, conforme prevista nos CFR 14 Part 23.1309 ou Part 25.1309, com metodologia de análise contida nas AC 23.1309-1E e 25.1309-1A.

Os intervalos de tempo entre tarefas de manutenção preventiva do MPD são baseados na Confiabilidade (*Reliability - R*) dos itens, daí sua denominação genérica: Manutenção Centrada na Confiabilidade (*Reliability Centered Maintenance - RCM*).

A RCM focaliza os chamados itens críticos desses segmentos, entendendo-se como tal aqueles itens cuja perda ou mau funcionamento podem gerar condições de falha de severidade catastrófica ou perigosas (*hazardous*). Dito em outras palavras, a manutenção preventiva foca principalmente a segurança (safety), preocupando-se também com a disponibilidade operacional da aeronave.

A técnica mais apurada da RCM foi desenvolvida nos anos 1960, a partir de esforços de empresas aéreas comerciais, que reuniram um grupo, o chamado *Maintenance Steering Group* (MSG), que estabeleceu o documento B747 - *Maintenance Steering Group Handbook*, que ficou conhecido pela sigla MSG-1, publicado em 1968, sendo depois atualizado para a versão MSG-2, em 1970, e finalmente para MSG-3, em 1980, que continua sendo, até hoje, o documento que norteia essa técnica. Todas essas versões foram consideradas aceitáveis pela Autoridade de Aeronavegabilidade que abriga a respectiva certificação de tipo.

O MSG-3 é utilizado para desenvolver os requisitos iniciais de manutenção programada para as modernas aeronaves comerciais, publicados no *Maintenance Review Board Report - MRBR*, em dois volumes (um para aeronaves de asa fixa e outro para aeronaves de asa rotativa).

O MSG-3 introduziu uma abordagem *Top-Down* para chegar à origem de uma falha crítica no nível aeronave (algo como obtido por uma FTA - *Fault Tree Analysis*), no processo de *Safety Assessment*,

concentrando-se então nas condições de falhas (conseqüências das falhas) de severidade catastrófica ou perigosa (*hazardous*).

A metodologia é desenvolvida por um grupo de especialistas em manutenção, sendo o processo acompanhado pelo *Maintenance Review Board* (MRB), que, ao final, aprova o Documento de Planejamento de Manutenção inicial (*Maintenance Planning Document - MPD*).

Na fase operacional, é praticado um processo de acompanhamento do MPD, que vai propondo correções. Trata-se de um processo de melhoria contínua, tanto de tarefas quanto de intervalos entre as mesmas. Correções vão surgindo à medida que o pessoal de manutenção vai ganhando experiência no campo. Cabe ao MRB conduzir o processo de análise e aprovação das sugestões de correção.

Acrescenta-se que, como etapa adicional, o MPD é adaptado para atender aos requisitos de cada operador daquela aeronave. Uma vez aprovado pela autoridade reguladora (FAA, EASA, ANAC), torna-se um Programa de Manutenção Aprovado - PMA (*Approved Maintenance Schedule - MAS*), mas apenas para esse operador, ou seja, cada operador tem o seu MPD.

Bem, vamos parando por aqui. Como sempre, procuramos dar uma pincelada sobre o assunto. Sugere-se que seja consultado o programa desenvolvido pelo MSG-3 (V. Ref. 2), para familiarizar-se com o desenvolvimento, passo a passo, da metodologia.

Até breve.

Referências:

1. Blanchard, B. S.; Verma, Dinesh; Peterson, Elmer L. *Maintainability: A Key to Effective Serviceability and Maintenance Management*. John Wiley & Sons, Inc., EUA. 1995.
2. *Airlines For America (A4A) MSG-3: Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development, Volume 1 - Fixed Wing Aircraft; Volume 2 - Rotorcraft, Rev. 2015.1, EUA.*

³ O que interessa no processo do MSG-3 é verificar se o item tem uma condição de falha catastrófica ou perigosa (*hazardous*), independentemente de sua probabilidade de falha, que é utilizada, no MPD, na frequência de repetição da tarefa de manutenção preventiva pertinente.