

MELHORIA DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO DE MOTORES DE AERONAVES

Marcone Freitas dos Reis (UNESA) marconefreis11@gmail.com
Cinthya Miguelis da Cruz Ferreira (UNESA) cinthyamiguelis@gmail.com

Resumo

A gestão de processos nas organizações de manutenção aeronáutica com eficiência, qualidade, otimização e o melhor custo x benefício é vital. A observação e atenção voltada para a entrega de pacotes de serviços cada vez mais enxutos, menos dispendiosos e com melhor qualidade é a preocupação de todas as empresas que querem sobreviver na atualidade e se tornar cada vez mais competitivas. O estudo desenvolvido tem como principal objetivo a implementação de melhorias na prestação de serviços utilizando um mapeamento de processos, a identificação de problemas causa-raiz e a reestruturação do layout da execução do serviço e dessa forma diminuir os retrabalhos, aumentar a confiabilidade, reduzir o tempo de execução da tarefa e estimular os integrantes do processo a sempre estarem atentos as mudanças a melhorias que devem ser contínuas. Foi possível concluir que com a utilização das ferramentas adequadas, consegue-se uma redução de tempo na execução das tarefas sem minimizar a qualidade e confiabilidade. Essa conclusão impacta diretamente no custo da operação, viabilizando o estudo feito e ainda incentivando estudos futuros.

Palavras-Chaves: Melhoria; Processo; Manutenção; Motores; Aeronaves.

1. Introdução

Em uma época cada vez mais competitiva, as mudanças e inovação se tornam cada vez mais necessários. Na economia globalizada dos dias de hoje, a sobrevivência das organizações depende de sua habilidade e rapidez de inovar e efetuar melhorias contínuas. Como resultado, as organizações vêm buscando incessantemente novas ferramentas de gerenciamento, que as direcionem para uma maior competitividade através da qualidade e produtividade de seus produtos, processos e serviços. (KARDEC, 2004)

O setor de aviação civil possui valor estratégico para o crescimento econômico e tecnológico de um país, tendo em vista a necessidade das pessoas em um transporte rápido e eficiente.

A indústria aeronáutica internacional está presente em praticamente todos os pontos do mundo, tendo importante participação na criação e crescimento da economia global. A indústria em si é um dos gigantes da econômica mundial, influenciando diretamente diversos outros ramos. Com o EUA como percursor, a liberalização do mercado na década de 80, permitiu que o mercado se tornasse cada vez mais competitivo e continuasse a evoluir. Um ambiente mais competitivo para as empresas aéreas e com regulação mais flexível resulta em mais oferta de voos e tarifas mais baixas para o consumidor. Atualmente 95,3 mil voos são realizados, transportando 98 milhões de passageiros diariamente. O faturamento da indústria em 2018 foi de aproximadamente U\$ 38 bilhões representando 3.5% da economia global, gerando 2.7 milhões de empregos (IATA, 2017).

Segundo o Anuário Brasileiro de Aviação Civil (2018) no Brasil, desde 2011 até maio de 2018, houve um aumento de 2.312 aeronaves na aviação geral, totalizando 15.406. Ao comparar com o nicho da aviação comercial regular, tínhamos 689 aeronaves em 2011 sofrendo uma queda de 14 aviões ao longo desses 5 anos, chegando ao valor de 675.

A indústria de manutenção aeronáutica tem a função estratégica de oferecer suporte aos negócios. Identificam-se duas características distintas entre as bases de manutenção. Existem bases de manutenção que estão inseridas em outros negócios que utilizam a aviação como atividade principal ou um setor interno e consideram a manutenção como uma função organizacional e existem bases de manutenção pertencentes às empresas que prestam a manutenção aeronáutica como atividade principal, sendo uma atividade-fim da organização. A manutenção pode ser realizada de duas maneiras: a manutenção de toda a aeronave, considerada apenas como uma unidade ou a manutenção de componentes específicos, que constituem os diferentes sistemas de uma aeronave (SINDAG, 2020).

A manutenção pode ser realizada de forma preventiva, quando se deseja substituir componentes em datas pré-determinadas, de forma corretiva, quando ela ocorre após a identificação de uma falha e de maneira preditiva, quando o acompanhamento constante permite encontrar uma tendência de falha e garante que a manutenção seja feita a tempo (SINDAG, 2020).

A segurança das operações aeronáuticas depende fortemente dos processos de manutenção. Sem a devida manutenção, os sistemas começam a deteriorar, e a performance da aeronave pode ser degradada, prejudicando a segurança da operação. De acordo com Hobbs (2008), é estimado que para cada hora do voo, doze horas de manutenção sejam realizadas.

Segundo Weber (1995), 80% das inspeções são visuais e são executadas em uma variedade de modos desde uma simples inspeção de pré-voo até inspeções a qual a aeronave deve sair de serviço. Devido à complexidade das estruturas de um avião, muitas áreas críticas não são facilmente acessíveis para inspeção e requerem uma extensiva desmontagem e remontagem devido à inspeção. Com isso, uma quantidade substancial de trabalho e custo é demandada; muitas vezes só para ter certeza de que a estrutura ainda está intacta.

Tendo em vista o cenário apresentado sobre a indústria aeronáutica, ressalta-se a importância de reduzir o risco associado a operação e trazer mais segurança para a operação das aeronaves nos quais os componentes são instalados e necessitam passar por processos de avaliação e inspeção periodicamente. Com isso este estudo tem por objetivo realizar uma proposta de melhoria e redução do tempo para o processo de manutenção e troca de motor da aeronave, assegurando um trabalho de qualidade, confiabilidade com chance de retrabalho e erro mínimos.

2. Fundamentação teórica

2.1. Manutenção

Pintelon e Parodi-herz (2008) definem manutenção como sendo o conjunto de atividades necessárias para manter ativos físicos nas condições de funcionamento desejadas ou para restaurá-los a esta condição. Em outras palavras a manutenção deve garantir o bom funcionamento dos ativos, para que eles possam operar de maneira eficaz e que atinjam o objetivo a qual foram projetados. Diante disso, a manutenção deve trabalhar de maneira eficiente, pois é responsável por garantir a disponibilidade operacional, sem paradas e com produtos/serviços de qualidade.

O papel da manutenção mostra-se essencial na garantia tanto da qualidade quanto da produtividade empresarial. Dessa forma, a manutenção deve ser encarada como uma função estratégica na obtenção dos resultados da organização e deve estar direcionada ao suporte do gerenciamento e à solução de problemas apresentados na produção, lançando a empresa em patamares competitivos de qualidade e produtividade (KARDEC & NASCIF, 2004).

A norma NBR-5462 elenca três tipos de manutenção: Manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva. O que irá definir qual tipo usar e quando usar é a

estratégia de manutenção adotada para manter a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos.

- Manutenção preventiva: Segundo a norma NBR-5462 manutenção preventiva é a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

Para Branco (2016), Manutenção Preventiva é caracterizado como toda manutenção realizada em equipamentos que estejam em condições operacionais, mesmo que apresentem algum defeito, pois, de acordo com o autor, o defeito não torna o equipamento inapto para executar as suas funções.

- Manutenção corretiva: Segundo a norma NBR 5462 manutenção corretiva é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

Segundo a Revista Gestão industrial (2008) manutenção corretiva é a atuação para correção de falha ou do desempenho menor que o esperado.

- Manutenção preditiva: Segundo a norma NBR 5462 manutenção preditiva são as manutenções que permitem garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir a um mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Xenos (2014) define como manutenção preditiva, aquela que se baseia na performance e indicadores para que haja qualquer intervenção no equipamento.

2.2. Manutenção aeronáutica

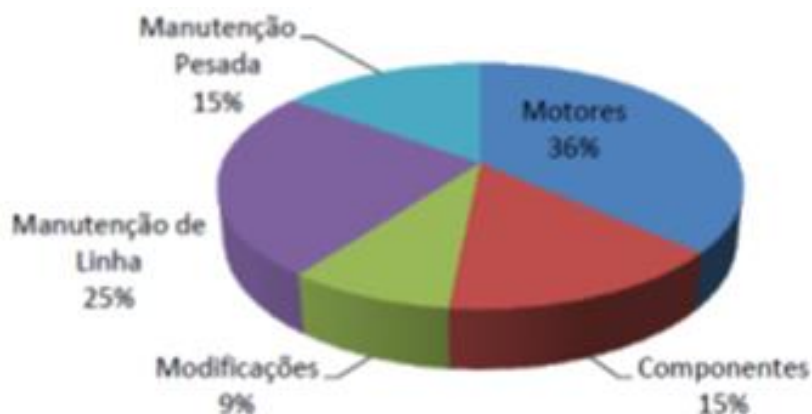
Segundo Ramalho (2013) a indústria aeronáutica pode segmentar-se em diferentes nichos e funções de mercado, tal como fabricantes de aeronaves (*Aircraft & Aircraft part manufacturers - A&AP*); fabricantes de motores (*Engine & Engine part manufacturers - E&EP*); organizações de manutenção (*Maintenance, repair and overall - MRO*); Formação e simulação (*Training & Simulation*) e ainda pode ser igualmente agrupada em diversas áreas:

- Manutenção de linha (inclui os checks A);
- Manutenção estrutural (checks B, C e D);
- Inspeção de motores; o Inspeção de componentes;

- Modificações.

Dentre os segmentos citados que estão inseridos na manutenção aeronáutica, a distribuição das áreas de atividade em termos monetários está representada na Figura 3 a seguir, na qual se vê que a inspeção de motores é a mais representativa (36%), sendo o segmento de modificações o menos representado em termos percentuais.

Figura 3 - Distribuição das porcentagens na manutenção aeronáutica



Fonte: Ramalho (2013)

De acordo com Ramalho (2013) ainda a manutenção de linha, onde se incluem os *checks* do tipo A, são atividades de rotina, sendo por vezes designados *checks* de *turnaround* que são muito simples, apenas um olhar ao redor do avião. É dividida em três a manutenção de linha; os *checks* de trânsito (*transit checks*), os *checks* diários e/ou semanais (*Daily/weekly checks*) e os *checks* do tipo A (*A checks*). Na Tabela 1 a seguir, podem ser observadas diferenças entre esses *checks*.

Tabela 1 - Subsetores pertencentes a manutenção de linhas

Actividade	Descrição	Frequência	Força laboral	Custo (em termos latos) ²⁵
Checks de trânsito	- Por vezes designados <i>check</i> de <i>turn-around</i> - Consiste em <i>check</i> visuais, rectificação de defeitos e <i>trouble-shooting</i> - No caso de voos de longo curso, este inclui tarefas tendo em conta a “metodologia” ETOPS²⁶	A cada ciclo de voo	1-4 Horas	Entre 54 € e 250€ por ciclo de voo
Checks Diários /Semanais	- Por vezes definidos com <i>check</i> de noite - Trabalhos rotineiros agrupados a trabalhos específicos definidos pelo planeamento da manutenção (nomeadamente rectificação de defeitos e <i>check</i> fora de fase) - Tem vindo a ser igualmente utilizada para manutenção dos sistemas de entretenimento e de cabine	A cada 24 a 36 horas (48 horas ocasionalmente) A cada 4 a 8 dias	Checks Diários: 5-10 horas Checks Semanais: 10-30 horas	Entre 107€ e 357€ por dia
Checks A	- Usualmente efectuado por poucas bases no caso de cada rede de cada companhia aérea - Trabalhos rotineiros agrupados a trabalhos específicos definidos pelo planeamento da manutenção (nomeadamente rectificação de defeitos e <i>check</i> fora de fase) - Tem vindo a ser igualmente utilizada para manutenção dos sistemas de entretenimento e de cabine	Jets Regionais: A cada 350 a 450 horas de voo Aviões de corredor único e duplo corredor: Entre 500 e 700 horas de voo	Jets Regionais: Entre 50 a 100 horas Aviões de corredor único e duplo corredor: Entre as 100 e as 250 horas	Entre os 11€ e os 30€ por hora de voo

Fonte: Ramalho (2013)

Ramalho (2013) define a manutenção pesada ou estrutural como todas as atividades de manutenção que são efetuadas no interior dos hangares, devendo-se cerca de 70% de todos os custos verificados neste subsegmento a fatores laborais, 20% a materiais, e o resto a serviços de especialistas em reparação aeronáutica.

Este tipo de manutenção abrange os cheques B (apesar de muitas vezes este tipo de inspeções serem por vezes considerados *checks* de linha, dependendo assim fortemente do conteúdo dos pacotes de serviços a serem feitos), C e D.

A frequência com que estas manutenções pesadas ou estruturais são efetuadas, devido ao seu foco nos componentes estruturais, apesar de se centrarem igualmente em outros sistemas, nomeadamente no hidráulico, dependem fortemente do tipo, modelo ou fabricante de cada aeronave.

Segundo Ramalho (2013) a inspeção de motores é um caso muito especial dentro da manutenção aeronáutica. Neste segmento, a maioria dos custos devem-se a equipamentos e materiais, representando desta vez os custos laborais apenas entre 15 e 20% dos custos totais neste subsegmento. Neste sentido, cerca de 45% do trabalho é efetuado pelos fabricantes, sendo 35% do mesmo realizado pelas companhias aéreas e o restante feito por empresas subcontratadas como é o caso da empresa que constitui o foco do presente trabalho.

3. Metodologia

Segundo Gil (2002) pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos.

Quanto aos fins foi realizada uma pesquisa exploratória. Quanto aos meios foi realizada uma pesquisa bibliográfica, com pesquisa em livros, teses e artigos científicos, pesquisa documental, utilizando documentos da empresa, os manuais do fabricante, as normas de certificação do setor aeronáutico, as normas das técnicas empregadas e as normas internas que contribuíram fortemente para o entendimento do estudo de caso.

Neste trabalho o universo será o setor da indústria que trata da engenharia e manutenção aeronáutica e o universo nossa amostra serão todos os setores envolvidos na troca de motor; Planejamento, Motores, Inspeção Visual e Ensaio não Destrutivo de uma empresa de engenharia e manutenção aeronáutica. Foram ouvidos o gerente de planejamento, o líder de motores e os inspetores visuais e de Ensaio não destrutivo.

4. Estudo de caso

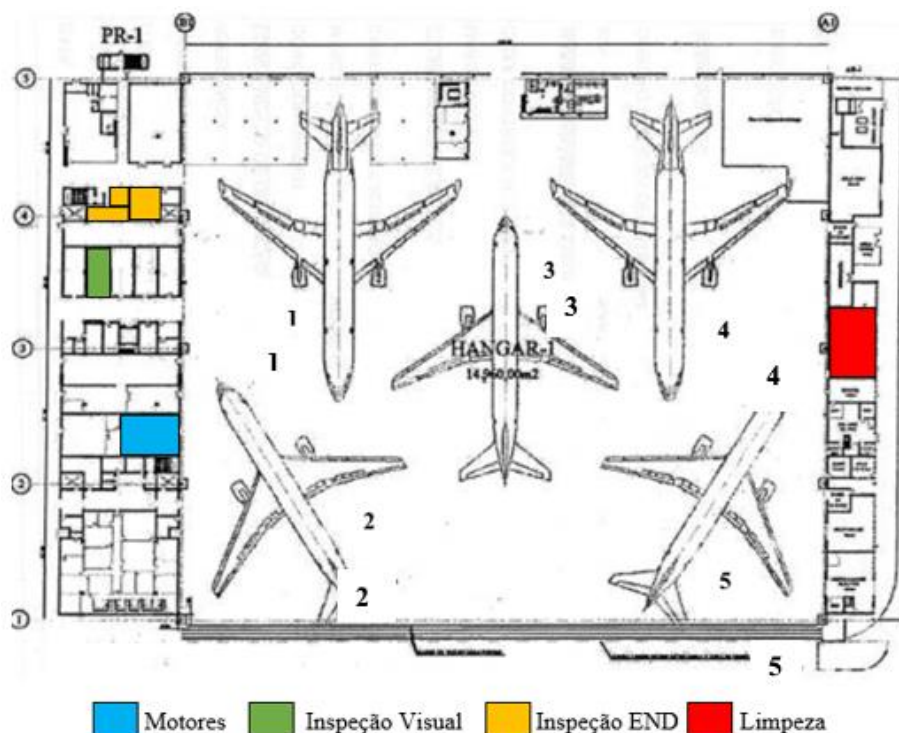
4.1. A empresa

O estudo foi realizado em uma empresa de Manutenção e engenharia aeronáutica situada na cidade do Rio de Janeiro, líder na América latina no segmento de MRO (*Maintenance Repair and Overhaul*) e posicionada entre as 10 principais empresas de manutenção aeronáutica do mundo. A empresa possui experiência em aviões Boeing, Airbus e Embraer. Possui um complexo industrial com um grande centro de manutenção com um sofisticado parque de revisão geral e reparos de componentes e motores aeronáuticos, centro de reparos homologados e autorizados por fabricantes, tais como *Honeywell*, *Northrop Grumman-Litton*, *Pratt-Whitney* e *Goodrich*, entre outros.

É uma empresa com mais de 85 anos de operações, oferecendo serviços a grandes empresas aéreas nacionais e internacionais. É homologada pelos principais órgãos aeronáuticos certificadores do mundo, dentre eles a ANAC, do Brasil, a FAA, americana e a EASA, da União Europeia.

Dispõe de um hangar com capacidade para 5 aeronaves *Wide Body* com uma área de 14.500 m² conforme a Figura 4 a seguir, onde é sinalizado os setores envolvidos no processo de manutenção.

Figura 4 - Planta baixa da área do hangar



Fonte: Autores (2022)

4.2. Apresentação dos serviços de manutenção de troca do motor

Após o pacote de serviços ter sido estabelecido, os contratos terem sido assinados, o avião ter chegado e entrado no hangar. Existe uma programação para cada tipo de tarefa que deve ser seguida à risca. Na data pré-estabelecida, inicia-se o serviço que aqui será abordado: Remoção e instalação de motor para troca e manutenção.

A remoção e instalação do motor envolvem uma série de pequenas tarefas que tem que ser executadas passo a passo com o manual de manutenção na mão, sendo ele caracterizado pelas seguintes etapas:

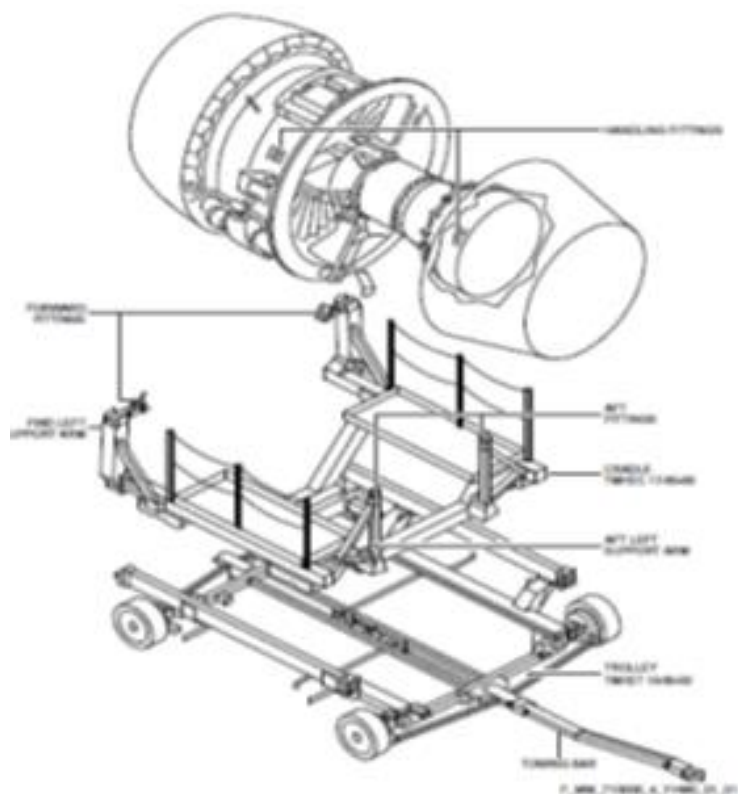
4.2.1. Processo de remoção

Para iniciar o processo de remoção, é realizado a separação das ferramentas utilizadas para remoção do motor: taquímetros, plataforma de acesso a área de trabalho, proteções para as mangueiras e cabos, ferramenta de remoção do motor.

Um ponto muito importante no processo é quanto as verificações de segurança: Devem ser observado quanto a área em torno, quanto a posição das travas de segurança nos trens de pouso, quanto a colocação de avisos de segurança para que não sejam mexidos os controles de voo, tão pouco nas superfícies de comando de voo na cabine dos pilotos, nas portas do trem de pouso que se movem, certificar-se que o avião está aterrado e todos as partes elétricas estão isoladas antes de cortar a força elétrica do avião, ter cuidado se for trabalhar na área após o motor ter sido desligado pois algumas partes se mantem quentes até uma hora após o motor ter sido desligado. Após essa etapa, são seguindo os passos:

1. Despressurizar os sistemas hidráulicos ligados ao motor na cabine;
2. Colocar a plataforma;
3. Abrir os acessos e capotas e colocar nas posições adequadas;
4. Desconectar as mangueiras e drenar os fluidos residuais;
5. Desconectar os cabos de energia e colocar plugs para preservação;
6. Desconectar os dutos de ar;
7. Instalar no pylon as ferramentas de remoção do motor;
8. Soltar os 4 parafusos dianteiros (engine front mount) e os 4 parafusos traseiros conforme que seguram o motor ao *pylon*;
9. Descer o motor sobre a plataforma, conforme Figura 5 a seguir.

Figura 5 - Motor sobre a plataforma



Fonte: Autores (2022)

10. Fazer as inspeções visuais necessárias e em paralelo envie os 8 parafusos para limpeza para a execução das inspeções por END (esses 8 parafusos voltarão para a instalação do motor).

Na Figura 6 a seguir, é apresentado o *pylon* com o motor já removido com as capotas abertas.

Figura 6 - *Pylon* sem o motor



Fonte: Autores (2022)

É importante ressaltar que todos os passos feitos das tarefas são precedidos de documentação técnica com instruções e o passo posterior requer a assinatura de execução da parte antecessora desta mesma documentação.

4.2.2. Processo de inspeção

O processo de inspeção por END da inspeção nos parafusos ocorre utilizando o método de LP (Líquidos Penetrantes) que é executado conforme a norma ASTM1417 e a sequência de atividades é apresentada na Figura 7 a seguir.

Figura 7 – Sequência de atividades do ensaio por LP



Fonte: Autores (2022)

Foi verificado que o tempo de inspeção por LP (Líquidos Penetrantes) é de 320 minutos ou 5 hs e 20 min.

4.2.3. Processo de instalação

Terminadas as inspeções, troque o motor por outro já revisado e faça todo o processo reverso da remoção para a instalação.

Executada a remoção do motor, a inspeção nos parafusos até a subida do motor. Na Tabela 2 a seguir, é apresentado o tempo de execução.

Tabela 2 – Tempo de retirada e instalação do motor

ATIVIDADES	TEMPO (minutos)
Remoção do motor	240
Documentação assinada	30
Limpeza dos parafusos	60
Aplicação do penetrante método D (água/emulsificador/água)	10
Tempo de Penetração	60
Remoção do Penetrante	10
Secagem da Peça	30
Aplicação do revelador	10
Análise da Parte	5 minutos por parafuso (40)
Pós limpeza	10
Emissão de laudo	15
Liberação dos parafusos bons para instalação	5
Tempo gasto nos controles do ensaio feitos no método D	20
Tempo gasto no caminho entre os setores	30
Instalação do motor	240
TOTAL	810 (13 h e 30 min.)

Fonte: Autores (2022)

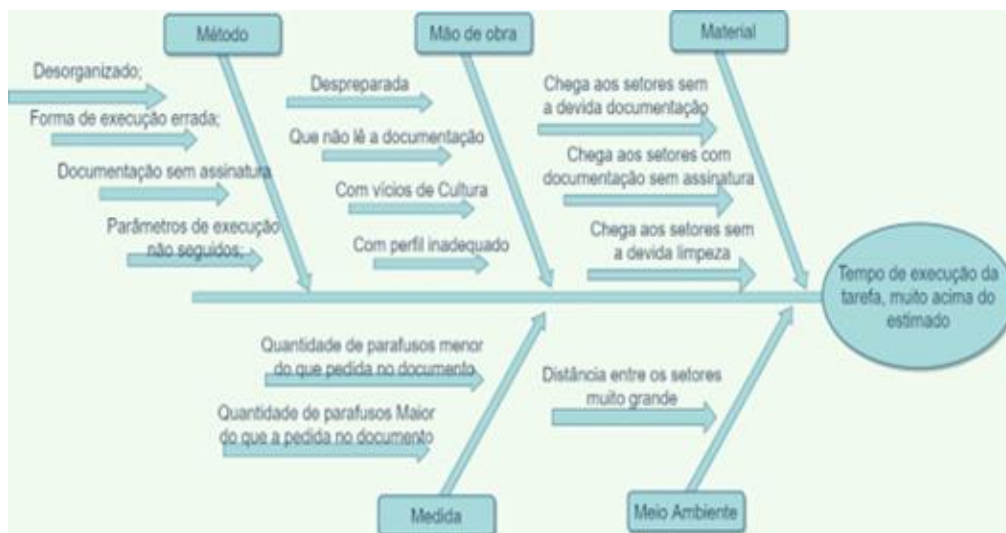
4.3. Análise da causa raiz

Foi observado que o tempo de retirada do motor pode ser melhorado e que o gargalo é a inspeção por LP (Líquidos Penetrantes).

Com a finalidade de identificar as causas, utilizou-se da ferramenta da qualidade, o diagrama de Ishikawa. Foi realizado um levantamento por meio de observação e entrevista das partes envolvidas no processo, supervisores, líderes e inspetores de todos os setores, onde foi possível identificar as dificuldades enfrentadas no dia a dia.

Essa percepção foi possível em razão do aumento de atrasos no TAT (*Turn Around Time* ou Tempo de Parada no Solo) da aeronave bem como o impacto negativo sobre o planejamento e o resultado final da entrega de todo o pacote de serviços. Na Figura 8 a seguir, apresenta o resultado do diagrama de Ishikawa com os principais causas de atrasos e demora do tempo na execução da tarefa.

Figura 8 – Diagrama de Ishikawa com as principais causas



Fonte: Autores (2022)

O método de análise e solução de problemas que é baseado no ciclo PDCA é uma ferramenta que ajuda no desenvolvimento e na implementação de um plano de ação para a solução dos problemas enfrentados pela empresa.

O primeiro passo a identificação do problema, nesse caso em específico, foram discutidos por uma equipe interdisciplinar (os setores envolvidos no trabalho a ser executado) que analisaram a demora no ensaio dos parafusos que iam para a inspeção e através dessa reunião considerou-se diversos fatores que influenciavam diretamente no tempo gasto na execução da tarefa conforme Figura 8, foi utilizada para a identificação dos fatores que levam ao atraso da inspeção por líquidos penetrantes nos parafusos.

A etapa posterior observação do problema: é responsável por fazer a descoberta das características do problema através da coleta dos dados. Nele procurou-se observar o problema sobre vários aspectos, como: tempo, local, tipo, sistema e indivíduo, estratificando os dados obtidos e sobre os aspectos específicos também, como: o treinamento dado ao pessoal, à equipe responsável etc. A análise foi feita no local da ocorrência dos problemas e pelas pessoas responsáveis pela entrega do serviço, foram coletados os dados através de entrevistas, observações e fotos para melhor embasar as análises. Coleta de dados: foram realizadas no período de março a abril de 2022, onde foram realizadas 4 trocas de motores. Na Figura 9 a seguir, apresenta as informações coletadas na aplicação da ferramenta.

Figura 9 – Tipos de informações coletadas

MASP - Método de Análise e Solução de Problemas		
P	1	Execução da tarefa em tempo muito elevado;
	2	Observou-se o fluxo de trabalho; a forma de execução da tarefa, as pessoas que as executam e o layout do ambiente;
	3	Foram analisadas as tarefas, pessoas que as executam, o layout e verificado quanto à adequação do fluxo de trabalho;
	4	Foi feito um plano de ação onde foram criadas e tomadas as seguintes ações: • Um fluxograma com as etapas de trabalho de maneira fluida e não complexa; • Um planejamento e um cronograma para treinar e melhorar o treinamento das pessoas envolvidas durante a execução das tarefas; • Foi inserido no treinamento o fluxograma para que todos pudessem observar o impacto negativo dos erros e retrabalhos no tempo de troca do motor assim como no TAT da aeronave; • Após lida a norma de execução do ensaio observou-se que o método de remoção do penetrante poderia ser substituído por um método portátil que poderia ser feito no local eliminando todo o tempo perdido com deslocamento e ainda se observou que a norma permitia que fosse usado um tempo mínimo de penetração de 20 minutos, logo trocou-se a forma de execução do ensaio; • Cogitou-se melhorar os equipamentos e utensílios usados nas tarefas de limpeza.
D	5	1. Criou-se o fluxograma com as etapas de trabalho; 2. Montou-se um cronograma com treinamentos iniciais e recorrentes para as pessoas envolvidas; 3. Criou-se um <i>on the job training</i> ; 4. Estipulou-se a mudança na execução do ensaio com a troca do método de remoção do penetrante e a mudança no tempo mínimo de penetração;
C	6	Estima-se uma redução de pelo menos 2 horas na inspeção por LP com a execução do plano de ação;
	7	Quanto a verificação infelizmente devido a empresa estar fechando no Brasil não será possível.
A	8	Escreveu-se um Procedimento Operacional Padrão (POP) para o ensaio feito por LP método portátil;
	9	Fazer um relatório com todas as análises, execuções e resoluções e entregar a gerência responsável.

Fonte: Autores (2022)

4.4. Proposta de melhoria do processo de manutenção do motor da aeronave

Após o estudo e a observância de todos os aspectos e fatores que impactam na remoção na troca de motor e em especial na inspeção dos parafusos por líquidos penetrantes observou-se que o tempo pode ser melhorado em até 2 horas e 30 minutos de imediato. Com base na norma ASTM 1417, pode ser realizado a troca do método de remoção "D" ou hidrofílico do penetrante para o método de remoção "C" através de solvente, e com isso, a mudança no tempo de penetração para o mínimo permitido pela norma.

Com os colaboradores treinados na execução do novo método, a redução do tempo de assinatura de documentação será zero, uma vez que não será realizada a assinatura após a remoção e sim concomitante ao período de remoção.

Outra mudança significativa é a execução da limpeza direcionada para onde o parafuso deve ser limpo e com que finalidade, dado em um treinamento recorrente para todo o pessoal de limpeza. Que conseguindo focar seus esforços na área de interesse consegue reduzir 20 minutos do tempo total de seu trabalho. No método "C" por solvente a secagem é muito rápida devido a evaporação do líquido que remove o excesso de penetrante diminuindo o tempo de secagem, quanto a remoção ela possui menos duas etapas no processo o que a torna mais rápida na execução e com utilização do mesmo penetrante, ou seja, a sensibilidade da inspeção não é afetada. O pós-limpeza é feita com o mesmo solvente que remove o excesso, logo por evaporar, também diminui o tempo de secagem para liberação dos parafusos para retorno a aeronave.

O fato de se mudar o método de remoção também implica na redução de 25% dos controles que são feitos, com isso, reduzindo o tempo proporcionalmente. Por fim a mudança do método pode reduzir significativamente (em torno de 30 minutos) o tempo gasto na caminhada de um setor a outro levando os parafusos para as tarefas previstas e ainda proporcionou um desgaste menor do colaborador que os levava.

Com esse estudo, é possível reduzir o total de horas da execução da tarefa da remoção a instalação do motor que era de 13 horas e 30 minutos para 10 horas e 30 minutos, ou seja, uma redução de 3 horas de trabalho. Na Tabela 3 a seguir, pode ser identificado a estimativa do novo tempo de execução do processo de manutenção de motor da aeronave, com as melhorias sugeridas.

Tabela 3 – Tempo de retirada e instalação do motor com as melhorias

ATIVIDADES	TEMPO (minutos)
Remoção do motor	240
Documentação assinada	0
Limpeza dos parafusos	40
Aplicação do penetrante metodo C (solvente)	5
Tempo de Penetração	20
Remoção do Penetrante	5
Secagem da Peça	1
Aplicação do revelador	10
Análise da Parte	5 minutos por parafuso (40)
Pós limpeza	5
Emissão de laudo	15
Liberção dos parafusos bons para instalação	5
Tempo gasto nos controles dos ensaios feitos no metodo c	5
Tempo gasto no caminho entre os setores	0
Instalação do motor	240
TOTAL	630 (10 h e 30 min.)

Fonte: Autores (2022)

5. Considerações finais

O objetivo deste estudo foi desenvolver uma proposta de melhoria para o processo de manutenção de motor de aeronave, visando uma gestão mais eficiente garantindo um menor tempo de entrega com qualidade e confiabilidade do resultado foi alcançado.

Foi utilizado o diagrama de Ishikawa e o PDCA, que foram importantes instrumentos para a constatação da influência que diversos fatores, como processos, materiais, mão de obra e decisões, podem ter frente ao objetivo perseguido pela organização, que aqui especificamente, refere-se ao alcance do tempo diminuído na entrega do serviço. Através das observações e informações coletadas inicialmente, verificou-se que o processo produtivo não estava alcançando, de forma satisfatória, esse objetivo.

Foram levantados e analisados diversos aspectos que possivelmente estão originando a problemática vivenciada pela empresa, confirmando, assim, que, de fato, há questões a serem trabalhadas na busca pela solução dessa situação, conforme presumido pelos colaboradores envolvidos. A execução deste estudo, tornou perceptível que a aplicação de mecanismos da

qualidade e análise pode auxiliar de forma expressiva as organizações na identificação de problemas, na identificação das causas e no planejamento de ações retificadoras. Dessa forma, o objetivo proposto por este estudo foi alcançado, uma vez que, não só foram identificados os fatores deficientes, que provavelmente estão interferindo no problema prioritário, como também se tornou visível o grau de influência que cada um encontra-se exercendo sobre a temática proposta.

Portanto, com a proposta de melhoria realizada é possível identificar um percentual de ganho no tempo de execução do processo de manutenção de motor da aeronave em aproximadamente 22% que representa a liberação da aeronave 3 horas mais rápido para retorno as atividades.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. 91.409-001 Revisão A: **Manutenção de aeronaves equipadas com motores convencionais, tempo recomendado entre as revisões gerais**. Rio de Janeiro: Sar/Gptn, 2014. 12 p.

ANTÔNIO, Nelson Santos; TEIXEIRA, Antônio; ROSA, Álvaro. **Gestão da Qualidade – de Deming ao Modelo de Excelência da EFQM**. 2. ed. Lisboa: Silabo, 2003. 25 f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

CARLOS, Helton. **Ferramentas de qualidade**. 2014.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p.

HOBBS A. **An overview of human factor in aviation maintenance**. Report nº.AR-208-055. Australian Transport Safety Bureau. Australia, 2008.

IATA. **Strong Airline Profitability Continues in 2018** - Press Release No.:70. Iata.Org, 5 Dec. 2017. Disponível em: www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2017-12-05-01.aspx. Acesso em: 22 mar. 2022.

JURAN, José M.; DEFEO, Joseph A. **Fundamentos da Qualidade para Líderes**. Porto Alegre: Grupo A. 2015. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582603468/>. Acesso em: 28 abr. 2022.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção Função Estratégica**, 2ª edição, 1ª Reimpressão 2004. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, Coleção Manutenção, Abraman.

LOBO, Renato N. **Gestão da qualidade**. São Paulo: Editora Saraiva, 2020. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536532615/>. Acesso em: 28 abr. 2022.

MARIANI, Celso Antônio. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. **RAI-Revista de Administração e Inovação**, v. 2, n. 2, p. 110-126, 2005.

PINTELON, Liliane; PARODI-HERZ, Alejandro. Maintenance: an Evolutionary perspective. In: **Complex system maintenance handbook**. Springer, London, 2008. p. 21-48.



RAMALHO, Marcos Henrique Marques Caetano. **Um contributo para a implementação de um gestor de conteúdos na atividade de manutenção aeronáutica–Mapeamento de processos e proposta de unificação.** 2013. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia.

SINDAG. **Anuário brasileiro de aviação civil. 2020.** Disponível em: <https://sindag.org.br/wp-content/uploads/2020/11/Anua%CC%81rio-Brasileiro-da-Aviac%CC%A7a%CC%83o-Civil-2020.pdf>. Acesso em: 22 mar.2022.

TCEPR 2022. **Ciclo PDCA** Disponível em <https://www1.tce.pr.gov.br/conteudo/ciclo-pdca/235505/area/46>. Acesso em 29 abril 2022.

WEBER, Hans J. Papel da avaliação não destrutiva na aviação civil: desenvolvimento histórico, situação atual, desafios futuros. In: **Avaliação Não Destrutiva de Aeronaves, Aeroportos, Hardware Aeroespacial e Materiais Envelhecidos.** Sociedade Internacional de Óptica e Fotônica, 1995. p. 45-53.

XENOS, Harilaus Georgius D'philippos. **Gerenciando a Manutenção Produtiva.** Nova Lima: Editora Falconi, 2014.