

O ERRO HUMANO NA MANUTENÇÃO DE AERONAVES: FATORES CAUSADORES E SEU IMPACTO PARA OS ACIDENTES AERONÁUTICAS NOS ÚLTIMOS 20 ANOS NO BRASIL

Rodrigo Miguel dos Santos¹
Marilsa de Sá Rodrigues²

Data de recebimento: 01/09/2019

Data de aceite: 07/07/2020

Resumo

Este trabalho apresenta um estudo sobre o erro humano na manutenção de aeronaves, analisando os fatores causadores dos erros e seu impacto nos os acidentes aeronáuticos ocorridos nos últimos 20 anos no Brasil, compreendendo o período de 1998 a 2017. O estudo objetiva ressaltar como é realizada a classificação das ocorrências aeronáuticas, os tipos de erros em ambiente de manutenção, bem como quais os fatores humanos estão ligados à ocorrência de erros. São introduzidos os conceitos do *Dirty Dozen* como os componentes que degradam as capacidades dos técnicos de manutenção de realizarem suas tarefas. Para a quantização da influência do fator manutenção nas ocorrências aeronáuticas das últimas duas décadas no Brasil, é realizado um estudo com base em dados estatísticos, em que os resultados obtidos são comparados aos de um país que adota técnicas medidas a nível nacional de segurança de voo. Por fim, o estudo demonstra a importância de adoção de medidas integradas para gestão de recursos de manutenção, com ênfase em fatores humanos para a redução de acidentes aeronáuticos.

Palavras-chave: Dirty Dozen. Erro de Manutenção. Fatores Humanos. Gestão de Recursos de Manutenção.

HUMAN ERROR IN AIRCRAFT MAINTENANCE: CAUSING FACTORS AND IMPACTS ON AIRCRAFT ACCIDENTS IN THE LAST 20 YEARS IN BRAZIL

Abstract

¹ Aluno do Mestrado Profissional em Gestão e Desenvolvimento Regional do Departamento de Gestão e Negócios da Universidade de Taubaté (UNITAU). Engenheiro Eletricista, graduado pela Universidade de Taubaté (2017), pós-graduado em nível Lato-Sensu em Engenharia de Desenvolvimento de Projetos Eletrônicos, pela Faculdade Cidade Verde (2018), pós-graduado em nível Lato-Sensu em Engenharia de Controle e Automação Industrial pela Faculdade Única de Ipatinga (2019). E-mail: eng.rodrigomiguel@gmail.com

² Possui graduação em Psicologia pela Faculdade Salesiana de Filosofia Ciências e Letras (1975), mestrado e doutorado em Administração de Empresas pela Universidade Presbiteriana Mackenzie Professor assistente III da Universidade de Taubaté. Coordenadora da linha de pesquisa em gestão de recursos socioprodutivos. Líder do grupo de pesquisa em Planejamento, Gestão e Desenvolvimento de Carreiras em âmbito Regional. E-mail: marilsasarodrigues@outlook.com

This paper presents a study on human error in aircraft maintenance, analyzing the factors that cause the errors and their impact on aeronautical accidents occurred in the last 20 years in Brazil, covering the period from 1998 to 2017. The study aims to highlight how it is performed, the classification of aeronautical occurrences, the types of errors in maintenance environment, as well as which human factors are linked to the occurrence of errors. Dirty Dozen concepts are introduced as components that degrade maintenance technicians' ability to perform their tasks. In order to quantify the influence of the maintenance factor on the aeronautical occurrences of the last two decades in Brazil, a study was carried out based on statistical data, in which the results are compared to those of a country adopting techniques measured at the national level of flight safety. Finally, the study demonstrates the importance of adopting integrated measures for maintenance resources management, with emphasis on human factors to reduce aeronautical accidents.

Keywords: Dirty Dozen. Maintenance Error. Human Factors. Maintenance Resource Management.

Introdução

A manutenção de aeronaves é um fator contribuinte para a ocorrência de acidentes aeronáuticos. Uma ou mais falhas no processo de manutenção e preparo da aeronave para o voo podem acarretar consequências catastróficas. Na aviação civil brasileira, no período de 2007 a 2018, a manutenção foi fator contribuinte presente em 19,8% dos acidentes de avião e 14,9% dos acidentes de helicóptero (SANTOS, 2018a, 2018b).

Os diversos eventos causadores de uma ocorrência aeronáutica, com a teoria da variável determinante, passaram a ser encarados como fatores ou variável independente. Assim, permite-se analisar os dados de forma a estimar as probabilidades de um acidente ocorrer, com base nas influências das variáveis. Isso gera uma visão multifatorial do acidente e a tendência é analisá-lo sob o ponto de vista estatístico (BENNER JR., 1980).

O enfoque deste trabalho é analisar o fator manutenção de aeronaves como contribuinte para ocorrência de acidentes na aviação civil brasileira, nos últimos 20 anos. Para tanto, serão apresentados dados estatísticos para subsidiar a importância deste estudo, bem como se demonstrará os elementos causadores do erro de manutenção e os fatores humanos envolvidos no processo e de que forma estes podem ser classificados e abordados.

Referencial Teórico

O referencial teórico utilizado neste trabalho baseia-se em elementos que tornem possível o entendimento de como o erro humano na manutenção é gerado. A partir da posse desses fatores, torna-se possível analisar suas consequências e como o surgimento destas causas de erro pode ser gerenciada.

A delimitação correta dos tipos de ocorrências aeronáuticas é necessária para compreensão de como estas são classificadas, conforme suas consequências. De acordo com Brasil (2017), as ocorrências aeronáuticas podem ser listadas da seguinte forma:

- Acidente aeronáutico: é toda ocorrência aeronáutica relacionada à operação de uma aeronave tripulada entre o momento em que a pessoa nela embarca com intenção de realizar um voo até o momento que todas as pessoas tenham dela desembarcado, ou caso seja uma aeronave não tripulada, toda ocorrência entre o momento em que a aeronave está pronta para se movimentar, com intenção de voo, até sua parada total, e todos seus sistemas tenham sido desligados, e ocorra pelo menos uma das situações como consequência: uma pessoa sofra lesão grave ou venha a falecer, a aeronave tenha falha estrutural ou danos e a aeronave seja considerada desaparecida ou esteja em local inacessível;

- Incidente aeronáutico: é uma ocorrência aeronáutica que não seja classificada como acidente, associada à operação da aeronave, em que afete ou possa afetar a segurança da operação.

- Incidente aeronáutico grave: a diferença entre o acidente e o incidente grave são apenas as consequências, que no caso do incidente aeronáutico grave não ocorrem, apenas acontece uma situação de elevado risco de acidente; e

- Ocorrência de solo: ocorrências envolvendo as aeronaves em solo, em qual resulte a dano a aeronave ou as pessoas, sendo os fatores motivadores relacionados a serviços de rampa e de apoio e infraestrutura aeroportuária.

O fator contribuinte manutenção de aeronaves, estudado neste trabalho é classificado de acordo com taxonomia de eventos encontrada na legislação vigente. A taxonomia é uma técnica de classificação dos tipos de fatores contribuintes para acidentes e incidentes aeronáuticos, descrita de acordo as características da operação nacional aeroportuária (BRASIL, 2017).

Graziano (2016) e França (2014) afirmam que em média 80% dos erros de manutenção envolvem fatores humanos. Apesar desta afirmação, discute-se ainda que a responsabilidade por uma ocorrência aeronáutica não pode ser imputada somente a pessoa, ou seja, ao ser humano nesta envolvida. Um acidente ou incidente aeronáutico, geralmente provém de diversos fatos que unidos culminam nessa ocorrência, muitas vezes a falha humana é gerada ou imposta pelo próprio ambiente, em que ocorre devido as suas características e principalmente cultura.

Clássico no estudo de fatores humanos, Reason (1990, p. 9) definiu erro como “um termo genérico que engloba todas aquelas ocasiões em que uma sequência planejada de atividades físicas ou mentais falha em conseguir um resultado desejado e quando essas falhas não podem ser atribuídas ao acaso”.

Em geral, erros humanos que ocorrem nos sistemas de aviação podem ser divididos em dois tipos:

- Erros ativos: são aqueles que resultam diretamente em um acidente e suas consequências são imediatas, sendo também registrados no relatório geral de acidentes. Geralmente, esse tipo de erro está relacionado ao desempenho dos operadores na ponta da linha do sistema;

- Erros latentes: são aqueles que causam acidentes indiretamente e suas consequências são adversas, podem permanecer inativos em um sistema por um longo tempo, se tornam evidentes quando combinados com outros fatores para violar as defesas do sistema onde estão impregnados (CHIU, 2016).

Para o processo de manutenção de aeronaves, a cada tarefa realizada pelos técnicos surge uma nova oportunidade para o erro humano ser introduzido. Os erros de manutenção de aeronaves podem ocorrer de duas formas específicas:

- Um erro que resulta em um problema específico da aeronave que não existia antes da tarefa de manutenção ser iniciada; e um erro que resulta em uma condição indesejada ou insegura e permanece sem ser detectada durante a execução de uma tarefa de manutenção projetada para detectar problemas na aeronave, ou seja, alguma coisa está faltando (CAA, 2002a).

De acordo com CAA (2002b), o estudo dos fatores humanos em ambiente de aviação geralmente é direcionado a tripulação de voo e, em menor escala, aos controladores de tráfego aéreo. Esse olhar acaba por ser um sério descuido, devido ao grande impacto negativo que erros no processo de manutenção acarretam para a segurança de voo. Os técnicos de manutenção de aeronaves sofrem pressões de trabalho diariamente, provenientes de diversos fatores como os listados:

- A constante responsabilidade de execução de tarefas em tempo controlado, devido ao cumprimento dos horários de partida e chegada das aeronaves;

- Com a finalidade de reduzir custos, as empresas aéreas mantêm frotas com tempo de uso avançado em operação. Isso torna o trabalho dos técnicos de manutenção muito mais detalhado e com necessidade de maior atenção, devido a maior probabilidade de problemas estruturais nas aeronaves; e

- Em contrapartida ao avançado tempo de uso de algumas aeronaves, as mesmas empresas aéreas introduzem também na sua frota aeronaves modernas, com tecnologias ainda não conhecidas por muitos técnicos. Esse fato aumenta a necessidade de aprimoramento e estudo dos mecânicos para se adaptar aos novos conhecimentos necessários a manutenção destas aeronaves, dotadas de sofisticados sistemas de automação, diagnósticos e testes.

Os fatores citados dão a dimensão da responsabilidade do pessoal envolvido na manutenção de aeronaves, além do que já foi citado, há ainda os problemas encontrados fora o ambiente de trabalho, na vida cotidiana. Esses fatos demonstram o quão importante o emprego do estudo dos fatores humanos envolvidos em ambiente de manutenção aeronáutica.

Os fatores humanos podem ser definidos da seguinte forma:

Ergonomia (ou Fatores Humanos) é a disciplina científica que estuda as interações entre os seres humanos e outros elementos do sistema de trabalho, aplicando os princípios teóricos, dados e métodos, a fim de realizar projetos para otimizar o bem estar humano e o desempenho geral desse sistema. (IIDA, 2016, p.4).

Assim, os princípios dos fatores humanos são aplicados ao projeto, certificação, treinamento, operações e manutenção, buscando uma interface segura entre o ser humano e os componentes do sistema, levando em conta o desempenho humano.

Os técnicos de manutenção de aeronaves estão sujeitos a diversos tipos de fatores humanos que podem afetar o seu desempenho nas tarefas diárias de manutenção. Esse enfoque é dado devido a cada pessoa possuir capacidades diferentes, de acordo com os seus pontos fortes e fracos, ou limitações. Assim, AALIPOUR (2015) listou alguns exemplos de fatores humanos que afetam o desempenho dos técnicos de manutenção de aeronaves:

- Trabalhos repetitivos e entediantes;
- instruções pobres;
- problemas na vida pessoal;
- instrumentos de testes mal projetados para operação;
- odores tóxicos e irritantes;
- barulho alto;
- documentação técnica incompleta ou incorreta;
- abuso de substâncias viciantes;
- fadiga;
- controle de ferramentas ruim;
- piso escorregadio;
- comunicação pobre;
- prazos impossíveis de serem cumpridos;
- neve;
- treinamento pobre; e
- falta de equipamentos e ferramentas adequadas.

Devido a um grande número de acidentes relacionados à manutenção ocorridos no final da década de 1980 e início dos anos 90, desenvolvido por Dupont (1997) e empregado em diversas normas de aviação vigentes como CAA (2002a), um dos primeiros programas de *Maintenance Resource Management (MRM)* foi criado com base na teoria descrita como *The Dirty Dozen*. Essa teoria identificou doze fatores que degradam a capacidade dos técnicos de manutenção em desempenharem suas atividades de forma eficaz e segura (CARTHEY, 2018). Desta forma, é importante conhecer os dozes fatores componentes do *Dirty Dozen*, para poder reconhecer sua ocorrência no ambiente de manutenção, bem como buscar evitá-los. Entendendo a interação entre fatores organizacionais, de grupo e individuais que podem levar a erros, os técnicos de manutenção podem preveni-los e gerenciá-los proativamente.

Atualmente, os 12 fatores descritos na teoria do *Dirty Dozen* permanecem relevantes às tarefas de manutenção de aeronaves, e são adaptadas às nuances causadas do advento da tecnologia. Assim, em estudo recente Yilmaz (2018) propôs a seguinte classificação para o *Dirty Dozen*:

Falta de comunicação: O enfoque deste fator é a comunicação entre o técnico de manutenção e as demais pessoas que este se relaciona no decorrer do seu trabalho, como gerentes, pilotos, inspetores, fornecedores e auxiliares de pista. A falta de comunicação referida pode ocorrer de forma verbal ou escrita, de forma verbal diretamente entre as pessoas, e escrita através dos relatórios da aeronave, que podem deixar de ser preenchidos ou podem ser preenchidos incorretamente. Nestes níveis de comunicação, a mais importante é a que ocorre entre os próprios técnicos, pois são as que possuem maior potencial para causar acidentes. Isto se torna ainda mais relevante em tarefas que exigem mais de um técnico para execução, pois é necessário que as informações sejam trocadas de forma completa e precisa, para garantir que todo o trabalho seja concluído sem nenhuma etapa ser omitida.

Complacência: Define-se como “tendência usual para concordar com outra pessoa, buscando agradá-la ou tentando ser agradável, ação inspirada nessa disposição” (COMPLACÊNCIA, 2019). Em ambiente de manutenção a complacência ocorre devido à repetição de muitas inspeções rotineiramente, onde erros podem ser induzidos e processos de inspeção podem ser pulados, devido ao excesso de confiança. Para evitar esse fato, os técnicos devem ser eficientes e suficientemente treinados para identificar as falhas nos itens de inspeção em primeiro lugar, e permanecer mentalmente envolvido na tarefa que está sendo executada. Todos os itens de inspeção devem ser tratados com igual importância e nunca deve ser assumido que um item é aceitável quando não for inspecionado. Um técnico não deve assinar como responsável por uma inspeção que este não tenha realizado ou acompanhado por completo.

Falta de conhecimento: Devido as constantes mudanças do mundo atual, a falta de conhecimento é uma causa comum de erros de julgamento, e se combinado com a sensação do “poder fazer” de alguns

técnicos de manutenção, torna-se ainda mais evidente. As diferentes tecnologias existentes entre as aeronaves e procedimentos dificultam o conhecimento necessário para executar as tarefas de manutenção, por isso é evidente a necessidade constante de atualização aos modelos de aeronave da frota, bem como utilizar manuais atualizados e retirar as dúvidas com alguém experiente no modelo ou assistente técnico da empresa fabricante.

Distração: É a causa responsável por cerca de 15 % de todos os erros de manutenção. Distrações podem ter natureza física ou mental, deixa-se de realizar uma tarefa (tanto fisicamente e/ou mentalmente) por qualquer motivo e pensamento em outras coisas (como questões familiares), prejudicando a conclusão desta tarefa corretamente. Uma notificação no aplicativo de troca de mensagens do celular, o tratoramento de outra aeronave, são exemplos de tarefas que atrapalham a concentração do técnico de manutenção, algumas medidas podem mitigar os riscos gerados como: pedir para um companheiro de trabalho checar o serviço realizado; ao retornar a um trabalho não terminado, retornar três etapas do ponto que havia parado; utilizar controles de verificação como *check-lists*; e deve-se sinalizar de forma bem evidente o trabalho não concluído, para que não utilizem o sistema não reparado de forma inadequada.

Falta de trabalho em equipe: geralmente este fator está ligado à falta de comunicação, pois para que o entrosamento da equipe ocorra faz-se necessária a troca de informações para compartilhamento de conhecimentos, coordenação de funções, passagem de tarefas entre turnos e o trabalho conjunto com pessoal de voo para a solução de panes intermitentes na aeronave. Desta forma, o trabalho em equipe deve ser favorecido para proporcionar uma melhor atmosfera de relacionamento entre o pessoal, permitindo discutir a melhor maneira de uma tarefa ser executada e garantir o entendimento e concordância de todos com o método adotado.

Fadiga: é um fator humano que contribui para muitos erros de manutenção, resultando em acidentes. Sua natureza pode ser mental, física ou emocional, geralmente a pessoa não percebe que está fadigada, isso ocorre quando uma pessoa sofre o prejuízo ou redução de qualquer um dos seguintes fatores: capacidade cognitiva, tomada de decisão, tempo de reação, coordenação, velocidade, força e equilíbrio. É importante que os técnicos de manutenção estejam cientes dos sintomas da fadiga e sejam incentivados a adotar hábitos que a previnam, como o sono regular, a prática de exercícios físicos e o planejamento de tarefas para que não se acumule trabalho para curtos períodos de tempo.

Escassez de recursos: Não importa o quão grande é a empresa aérea que o inspetor de manutenção aeronáutica trabalhe, há momentos em que ocorre a falta de recursos e deve-se tomar a decisão entre aterrar a aeronave ou liberar para o voo. O técnico de manutenção aeronáutica é um tipo de pessoa que geralmente tem a capacidade de desenvolver os trabalhos a ele propostos e tem grande orgulho pessoal de consertar uma aeronave, então a tomada de decisão de aterrar uma aeronave torna-se muito difícil. A falta de recursos pode ocorrer desde um parafuso ou porca não adquirida ou com atraso para entrega, ou uma central eletrônica sofisticada que apresentou defeitos e não há um dispositivo sobressalente para a substituição. Produtos de baixa qualidade também afetam a conclusão de uma tarefa de manutenção, como ferramentas e peças inadequadas ou já deterioradas devido ao excesso de uso. Qualquer falta de recursos para execução de tarefas de manutenção gera um sério risco de acidentes fatais e não fatais.

Pressão: o setor de manutenção aeronáutica é um dos ambientes de trabalho industriais que tem mais pressão para o alto desempenho, o ponto em questão é quando esta pressão se torna excessiva ou irreal. As tarefas de manutenção devem ser executadas em um ambiente com pressão constante para fazer as coisas da melhor maneira e mais rápida sem cometer erros, como o de deixar que objetos caiam em locais que possam afetar o voo. Infelizmente este tipo de pressão deve ser gerenciado de maneira que não afete as capacidades do técnico de manutenção, para que o trabalho seja realizado corretamente. Em sua parte, os técnicos de manutenção devem certificar-se de não estar autoinduzindo a pressão no ambiente de trabalho, devem comunicar suas preocupações a seus superiores, pedir ajuda em caso de dúvidas e saber a hora certa de dizer não.

Falta de assertividade: A assertividade é a capacidade de expressar seus sentimentos, opiniões, crenças e necessidades de maneira positiva e produtiva, não devendo ser confundida com agressividade. Na média os técnicos de manutenção de aeronaves não são pessoas assertivas, mas chegará o momento em que algo não estará certo e ele deverá ser assertivo para garantir que o problema não seja esquecido. Os técnicos de manutenção devem ser assertivos quando os reparos necessários forem pertinentes, devendo registrá-los e assinar nos relatórios de manutenção da aeronave. Esse profissional deve ainda, recusar de qualquer forma comprometer seus padrões de trabalho, devendo seguir a documentação técnica atual de manutenção.

Estresse: O estresse está presente na vida de todos. A grande chave para entender esse problema é ser capaz de reconhecer quando ele está se tornando excessivo. A manutenção de aeronaves é um trabalho extremamente estressante, devido a muitos fatores. A aeronave deve ser operacional e voar para companhias aéreas ganharem dinheiro, isso significa que a manutenção deve ser concluída em curto espaço de tempo para evitar atrasos e cancelamentos de voos. A tecnologia em constante mudança é sempre algo que causa a preocupação excessiva ao pessoal de manutenção, isso exige que os técnicos permaneçam atualizados ao equipamento mais recente. Outros estressores são somados como falta de recursos para realizar o trabalho dentro do prazo estipulado, trabalhar no escuro e espaços de trabalho reduzidos. Algumas recomendações visam trabalhar os níveis de estresse como: tirar folga ou pelo menos pequenas pausas durante a jornada de trabalho; parar e pensar racionalmente no problema, pedir aos colegas de trabalho para acompanhar suas tarefas de manutenção; fazer exercícios; e determinar e seguir um curso de ação racional.

Falta de consciência: Apesar de possuir manuais atualizados continuamente, isso pode não ser suficiente para cobrir falhas no processo de manutenção, nesse caso o bom senso e a experiência podem ser vitais para coibir essas falhas. Na preparação de aeronaves, é comum realizar as mesmas tarefas de manutenção repetidamente, isso faz com que os técnicos ganhem experiência, mas também faz com que estes se tornem menos vigilantes as normas, desenvolvendo uma falta de consciência para o que eles estão fazendo e o que está ao redor. Para que isso não ocorra o técnico de manutenção pode adotar as seguintes medidas de vigilância ao seu trabalho: pensar no que pode ocorrer em caso de um acidente; verificar se o trabalho entrará em conflito com uma modificação existente ou reparo; e perguntar aos outros companheiros se eles visualizam algum problema no trabalho que está sendo realizado.

Normas: O seguimento das normas de manutenção deve ser algo constante neste ambiente, bem como a verificação de suas atualizações. Mecânicos experientes desenvolvem capacidades de verificação até mesmo de adequação das normas, mas em caso de dúvidas os mesmos devem entrar em contato com o assistente técnico do fabricante. Outro olhar crítico é voltado para as normas ou doutrinas desenvolvidas pela organização de trabalho. Estas normas derivam da cultura organizacional do local, são aquelas que não estão escritas em nenhum local, mas são seguidas por todos. Essas normas podem ter reflexos positivos ou negativos, positivos quando os mecanismos para verificação de problemas na manutenção são redobrados, com execução de verificações repetidas para garantir a fidelidade do trabalho. Efeitos negativos quando o efeito da norma torna-se para a insegurança, com a execução de tarefas de manutenção pulando passos previstos, ou realizar a tarefa de uma maneira que não esteja conforme o manual; realizando sobreaperto de parafusos, conexões ou materiais inadequados, realizar o serviço muito rápido para livrar-se daquela obrigação da forma mais rápida possível. Esses fatores têm efeito negativo para manutenção, podendo acarretar acidentes ou incidentes.

Metodologia da pesquisa

A partir do estudo dos elementos geradores do erro de manutenção, especificamente aqueles ligados a natureza humana, observa-se como este tema pode ser trabalhado e explorado. Para subsidiar este estudo foi realizada pesquisa documental, conforme descrito por Kripta (2015), para levantamento de dados que comprovem o real impacto da manutenção na segurança de aviação.

Os dados estatísticos obtidos são provenientes do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), onde são descritos o panorama dos acidentes na aviação civil brasileira nos últimos 20 anos. O CENIPA divulga anualmente o panorama dos últimos 10 anos de acidentes aeronáuticos na aviação civil nacional, com base nos relatórios finais de acidentes publicados (SANTOS, 2018a, 2018b).

O estudo dos dados foi realizado com base na taxonomia atualizada pela Manual de Investigação de Acidentes Aeronáuticos (BRASIL, 2017). Os parâmetros analisados por este trabalho são aqueles relacionados aos acidentes aeronáuticos que envolvem o fator manutenção de aeronaves, sendo separados por décadas, a primeira do ano de 1998 a 2007, a segunda do ano de 2008 a 2017.

Análise dos dados

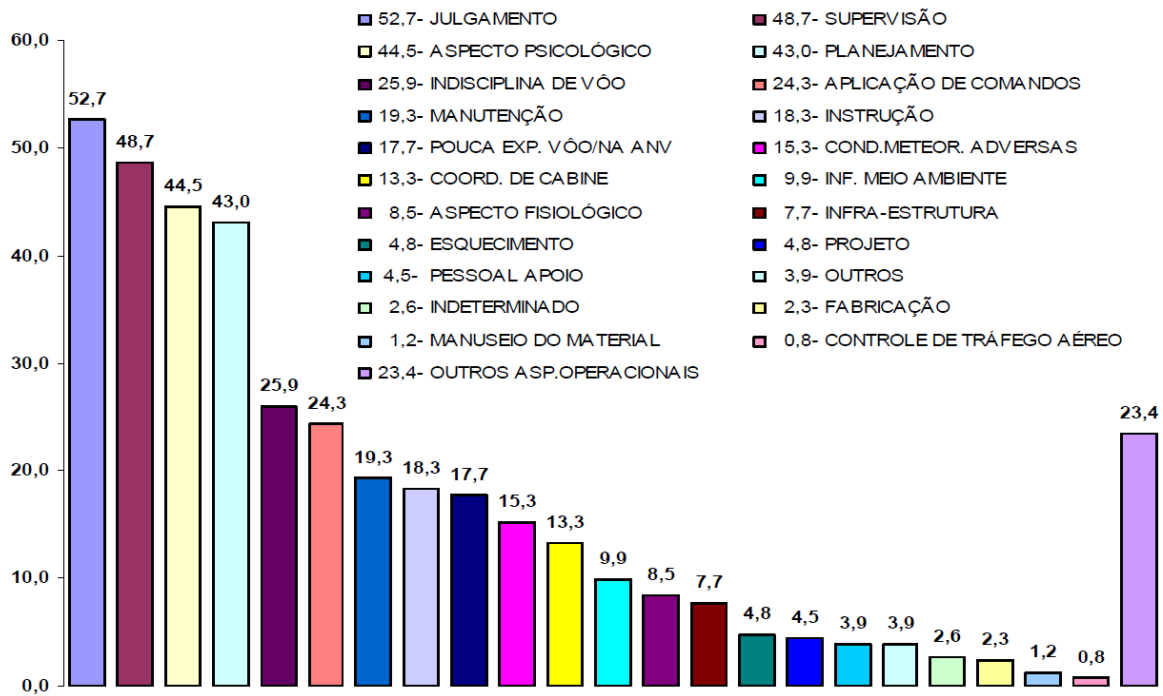
Panorama acidentes aéreos na década de 1998-2007

A primeira década analisada foi a de 1998 a 2007, cujos dados foram publicados após análise estatística no ano seguinte ao último ano analisado (BRASIL, 2008). As Figuras de 1 a 3 apresentam os dados necessários para análise dos acidentes aéreos envolvendo aviões e helicópteros.

A Figura 1 apresenta um panorama da incidência de fatores contribuintes nos acidentes ocorridos na aviação geral para a década de 1998 a 2007. O gráfico aponta os dados em formato percentual, em que

é calculada a relação entre número de ocorrências do fator contribuinte por total de acidentes, em que o total de acidentes ocorrido para este período foi de 653 (BRASIL, 2008). O gráfico inclui os acidentes ocorridos com aviões e helicópteros, pode-se observar que o percentual do fator contribuinte manutenção foi de 19,3%.

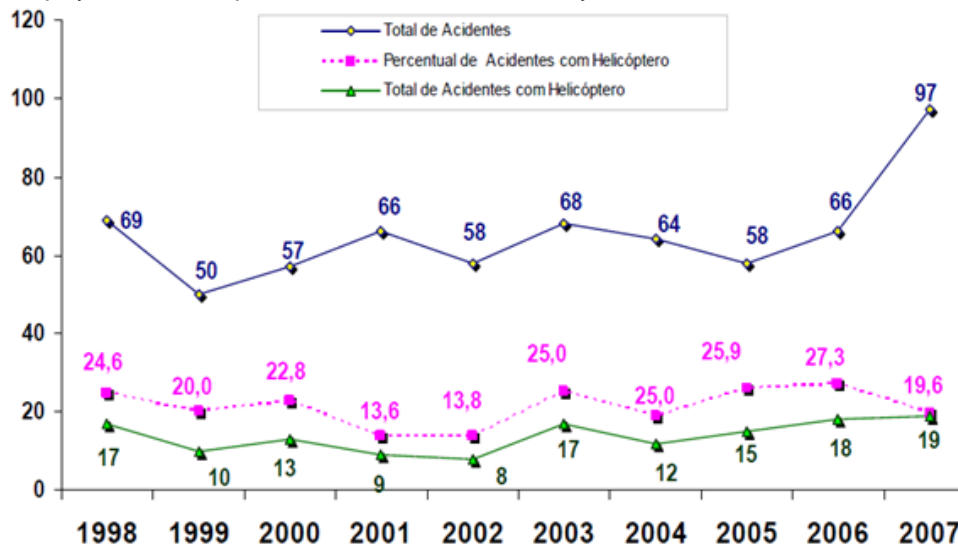
Figura 1: Percentual de Incidência de Fatores Contribuintes de 1998 a 2007



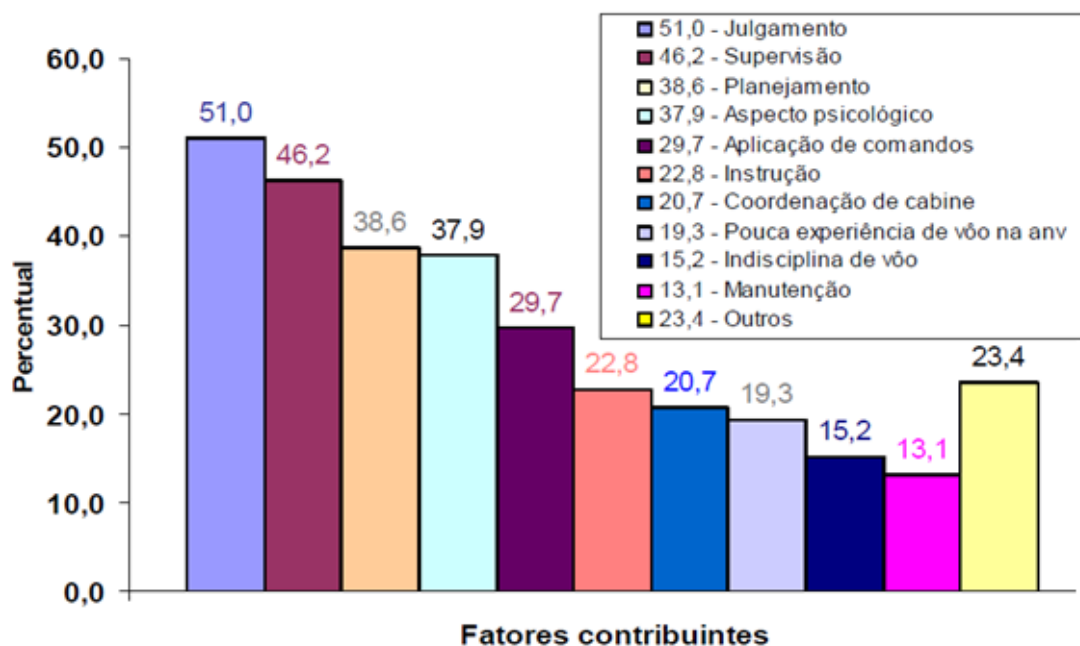
Fonte: Brasil, 2008.

Com a finalidade de obter uma análise melhor segmentada dos acidentes aéreos da primeira década analisada, através da Figura 2, foi possível encontrar o total de 138 acidentes envolvendo helicópteros para o período. Com a Figura 3, observa-se que 13,1 % dos acidentes com helicópteros tiveram o fator contribuinte manutenção presente.

Figura 2: Participação de Helicópteros nos Acidentes da Aviação Civil de 1998 a 2007



Fonte: Brasil, 2008.

Figura 3: Percentual dos Fatores Contribuintes para os Acidentes com Helicóptero de 1998 a 2007

Fonte: Brasil, 2008.

De posse dos dados obtidos nas Figuras de 1 a 3 é possível construir uma tabela com os dados do panorama da manutenção como agente contribuinte para ocorrência de acidentes aéreos na década de 1998 a 2007. Desta forma a Tabela 1 apresenta os totais de acidentes ocorridos, bem como o número (N°) e o percentual (%) de acidentes com a manutenção como fator contribuinte (FC), cujo arredondamento do percentual de ocorrências discriminado se deu com uma casa decimal, conforme o padrão utilizado por Brasil (2008).

Tabela 1: Panorama da Manutenção como Fator Contribuinte para Acidentes Aeronáuticos de 1998 a 2007.

| Década 1998-2007 | N° de Acidentes com FC Manutenção | Total de Acidentes | % de Acidentes com FC Manutenção |
|------------------|-----------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| Aviões | 108 | 515 | 21,0 % |
| Helicópteros | 18 | 138 | 13,1 % |
| Total | 126 | 653 | 19,3 % |

Fonte: Brasil, 2008.

Panorama acidentes aéreos na década de 2008-2017

A segunda década analisada foi a de 2008 a 2017, cujos dados foram publicados após análise estatística no ano seguinte ao último ano analisado (SANTOS, 2018a, 2018b). As Figuras 4 e 5 apresentam os dados necessários para análise dos acidentes aéreos envolvendo aviões e helicópteros. O total de acidentes ocorridos com avião para a referida década foi de 1187, com 716 relatórios de análises acidentes publicados, para os helicópteros o total de acidentes foi de 206, com 121 relatórios de análises de acidentes publicados.

A Figura 4 apresenta a incidência de fatores contribuintes nos acidentes com avião ocorridos na aviação civil para a década de 2008 a 2017. O gráfico aponta os dados em formato de histograma de frequências, em que é discriminado através de colunas o número de ocorrências dos fatores contribuintes para acidentes aéreos, o total de relatórios de acidentes publicados para este período foi de 714 (SANTOS, 2018a) O número de acidentes ocorridos com aviões com o fator contribuinte manutenção para a segunda década analisada foi de 142.

Figura 4: Fatores Contribuintes em 716 Relatórios Finais Publicados de Acidentes com Aviões de 2008 a 2017



Fonte: Santos, 2018a.

A Figura 5 apresenta a incidência de fatores contribuintes nos acidentes com helicópteros ocorridos na aviação civil para a década de 2008 a 2017. O total de relatórios de acidentes publicados para este período foi de 121 (SANTOS, 2018b). O número de acidentes ocorridos com helicópteros com o fator contribuinte manutenção para a segunda década analisada foi de 18.

Figura 5: Fatores Contribuintes em 121 Relatórios Finais Publicados de Acidentes com Helicópteros de 2008 a 2017

Fonte: Santos, 2018b.

De posse dos dados obtidos nas Figuras de 4 e 5 é possível construir uma tabela com os dados do panorama da manutenção como fator contribuinte para ocorrência de acidentes aéreos na década de 2008 a 2017. Desta forma a Tabela 2 apresenta os totais de acidentes ocorridos, bem como o número (N°) e o percentual (%) de acidentes com a manutenção como fator contribuinte (FC), cujo arredondamento do percentual de ocorrências discriminado se deu com uma casa decimal, conforme o padrão utilizado por Santos (2018).

Tabela 2: Panorama da Manutenção como Fator Contribuinte para Acidentes Aeronáuticos de 2008 a 2017

| Década 2008-2017 | N° de Acidentes com Manutenção | Total de Acidentes | % de Acidentes com Manutenção |
|------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| Aviões | 142 | 716 | 19,8 % |
| Helicópteros | 18 | 121 | 14,9 % |
| Total | 160 | 837 | 19,1 % |

Fonte: Santos, 2018a, 2018b.

Resultados

Através dos dados apresentados nas Tabelas 1 e 2, observa-se que o fator contribuinte manutenção manteve-se praticamente constante nos acidentes aeronáuticos da aviação civil em geral, apenas com uma pequena queda de 0,2 % de uma década para a outra. Isso reflete o quanto a visão de que o estudo dos fatores humanos nos processos de manutenção é deixado de lado em relação aos demais fatores relacionados ao voo e ao controle de tráfego aéreo, no cenário atual da aviação civil brasileira.

Ao analisar separadamente os acidentes com aviões e helicópteros com a manutenção como fator contribuinte, observa-se que os acidentes com aviões tiveram uma leve redução de 1,2 %. Em contrapartida, os acidentes com helicópteros cuja manutenção foi fator contribuinte tiveram um aumento

de 1,8 %. Esse aumento nos acidentes com helicópteros na última década se dá principalmente devido ao seu maior emprego como meio de transporte por empresas de *Offshore*, que aumentaram sua operação em áreas exploradoras de petróleo, aceleradas pelo programa do Pré-sal.

Ao analisar um panorama geral da aviação brasileira, verifica-se que houve um grande aumento no número de acidentes, do total de 654 na década de 1998 a 2007 para o total de 1187 na década de 2008 a 2017. Esse resultado representa um aumento de 81,5 % no número de acidentes no país, em grande parte esse número de acidentes se dá pelo aumento no número de voos, devido abertura do mercado aeronáutico na última década.

Apesar desta abertura ser um dos motivos do aumento no número de acidentes ocorridos, ela não justifica esse aumento exponencial. Como um parâmetro de comparação, apesar de ter reduzido em 15 % o número de horas de voo entre os anos de 1998 e 2017, os Estados Unidos diminuíram o número de acidentes de forma gradativa, partindo de 1902 acidentes em 1998, para 1233 acidentes em 2017, o que representa uma redução de aproximadamente 35,2 % (NTSB, 2017). Essa redução no número de acidentes aéreos americanos, se dá a partir de várias medidas adotadas pelo governo para coibir ocorrências aeronáuticas, como a melhoria de infraestruturas aeroportuárias, incentivo a universidades, empresas de voo, manutenção e desenvolvimento aeronáutico a se unirem para compartilhar melhorias para a segurança de voo, como o caso da criação do *Partnership to Enhance General Aviation Safety, Accessibility and Sustainability* (PEGASAS). O PEGASAS consiste em um centro integrado de excelência, cujo objetivo é melhorar a segurança, acessibilidade e a sustentabilidade da aviação geral americana, associando a *Federal Aviation Administration* a uma rede nacional de pesquisadores, educadores e líderes do setor de classe mundial (PEGASAS, 2019).

Para a redução de acidentes causados por erros de manutenção, diversos países, em sua grande maioria desenvolvidos, implementaram programas de MRM, com base no *Dirty Dozen*. Os Estados Unidos além de conseguir reduzir categoricamente o número de acidentes com a implementação do MRM e mais programas integrados, trouxe mais fidelidade aos processos de manutenção desempenhados pelas empresas especializadas na área, aumentando o número de contratos fechados por estas. De acordo com Kanki (2019), o número de programas integrados de segurança de companhias aéreas saltou de 6 em 2003 para 168 em 2017, esses programas implementam melhorias na segurança com base em fatores humanos.

No cenário nacional, o MRM ainda é muito pouco explorado. Em consulta ao site da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), os resultados da pesquisa sobre o tema remetem a legislações estrangeiras como referência, não havendo um programa nacional consolidado para redução de acidentes, baseado em fatores humanos (ANAC, 2019). Algumas empresas aéreas, em busca de aumentar a operacionalidade de sua frota, desenvolvem programas próprios de MRM e *Crew Resource Management* (CRM), devido a sua experiência com empresas multinacionais, os princípios adotados no exterior são também aplicados no país.

Considerações Finais

A segurança de voo baseia-se na exploração de medidas para mitigar erros e adotar boas práticas para prevenção de ocorrências aeronáuticas. Assim, este trabalho, ao apresentar os fatores causadores do erro humano na manutenção e qual o seu impacto para as ocorrências aeronáuticas no país nos últimos 20 anos, objetivou demonstrar como a exploração da gestão dos fatores humanos pode trazer benefícios para redução do número de acidentes, bem como demonstrar as vantagens de se ter uma aviação mais segura, como o exemplo citado dos Estados Unidos.

Apesar dos avanços já alcançados, o Brasil necessita ainda de muitas melhorias no setor de segurança de voo, tendo em vista a manutenção das taxas de acidentes aéreos causados no país nas últimas duas décadas, bem como aqueles com a manutenção como fator contribuinte. Como já demonstrado nos resultados deste trabalho, o caminho para a redução de acidentes está na exploração dos fatores humanos. Pois os sistemas das aeronaves tornam-se cada vez mais sofisticados, reduzindo a probabilidade de falhas nos sistemas. Já o ser humano tem suas limitações naturais, e para que este não seja induzido ao erro, devem ser adotadas medidas de prevenção.

O incentivo a adoção de práticas de segurança de voo é de responsabilidade de todos aqueles envolvidos no setor de aviação, desde o governo, na figura dos órgãos reguladores, aos operadores de pista. Assim, faz-se necessário o incentivo, padronização e fiscalização pelos agentes reguladores do setor. Os gestores de empresas aéreas devem implementar planos de gestão de fatores humanos em todos os níveis de operação na empresa, pois os funcionários ao conhecer suas limitações poderão adotar medidas de precaução para neutralizar falhas nos processos de manutenção, voo e de pista.

Países desenvolvidos, como o caso dos Estados Unidos, demonstram que o compartilhamento de informações pelas empresas e demais operadores aeronáuticos é muito válida, pois as falhas humanas são as mesmas, não importando o processo de trabalho em que este esteja inserido. A materialização dos benefícios ou consequências negativas na forma de números facilitam o incentivo a adoção de medidas preventivas. Os benefícios da adoção de medidas para coibir o erro humano, significam o aumento da disponibilidade das aeronaves, e por sua vez o incremento do lucro com a possibilidade de crescimento do número de voos. As consequências negativas são as ocorrências de acidentes e incidentes aeronáuticos em uma empresa, decorrentes de falhas em processos que poderiam ser evitadas. Isso traz uma visão negativa à empresa, acarretando na redução do número de clientes e por sua vez o lucro.

Desta forma, o campo de estudo para melhorias no setor de segurança de voo no cenário nacional é imenso, em pontos específicos como o desenvolvimento de propostas relacionadas a fatores humanos para mitigar erros manutenção possuem pouca produção científica publicada. Assim, a união de esforços entre universidades, órgãos regulamentadores e operadores aéreos pode trazer resultados satisfatórios para todos, além de ser uma produção enorme de conhecimento.

Referências

AALIPOUR, M. **Human Factors Approach for Maintenance Improvement**. 2015. 132 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Operação e Manutenção). Luleå University of Technology, Suécia, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Directorio de Busca**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/@busca?SearchableText=>. Acesso em: 28 jun. 2019.

BENNER Jr., L. Accident Perceptions: Their Implications for Accident Investigations. **Journal of the System Safety Society**, Sterling, VA, out. 1980.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **MCA 3-6: Manual de Investigação do SIPAER**. Brasília, 2017.

_____. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **ICA 3-2: Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos da Aviação Civil Brasileira**. Brasília, 2008.

CARTHEY, J. Creating Safety II in the operating theatre: The Durable Dozen!. **Journal of perioperative practice**, v.29, p. 210-215, 2018.

CHIU, M. C.; HSIEH, M. C. Latent human error analysis and efficient Improvement strategies by fuzzy TOPSIS in aviation maintenance tasks. **Applied ergonomics**, v. 54, p. 136-147, 2016.

CIVIL AVIATION AUTHORITY. **CAP 715: An Introduction to Aircraft Maintenance Engineering Human Factors**. Inglaterra, 2002. Disponível em: <http://publicapps.caa.co.uk/modalapplication.aspx?catid=1&pagetype=65&appid=11&mode=detail&id=285>. Acesso: em 15 jun. 2019

CIVIL AVIATION AUTHORITY. **CAP 718: Human Factors in Aircraft Maintenance and Inspection**. Inglaterra, 2002. Disponível em: <http://publicapps.caa.co.uk/modalapplication.aspx?catid=1&pagetype=65&appid=11&mode=detail&id=287>. Acesso: em 15 jun. 2019.

COMPLACÊNCIA. Dicionário online dico, 18 jun. 2019. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/complacencia/>. Acesso em 18 jun. 2019.
Disponível em: <http://www.iprr.org/papers/percept.html#fnB27>. Acesso em: 15 jun. 2019.

DUPONT, Gordon. The dirty dozen errors in maintenance. In: **The 11th Symposium on Human Factors in Maintenance and Inspection: Human Error in Aviation Maintenance**. 1997.

FRANÇA, J. E.M.; SANTOS, I.A.J.L. S. Fatores Humanos e Gestão de Riscos Offshore. In: **Rio Oil & Gas Expo and Conference**. 2014.

GRAZIANO, A.; TEIXEIRA, A. P.; SOARES, C. Guedes. Classification of human errors in grounding and collision accidents using the TRACEr taxonomy. **Safety science**, v. 86, p. 245-257, 2016.

IIDA, Itiro; BUARQUE, Lia. **Ergonomia: projeto e produção**. Editora Blucher, 2016.

KANKI, B. G.; ANCA, J.; CHIDESTER T. R. **Crew Resource Management**. .3. Ed. : Academic Press - Elsevier, 2019.

KRIPKA, R.; SCHELLER, M.; BONOTTO, D. Pesquisa documental: considerações sobre conceitos e características na pesquisa qualitativa. **CIAIQ2015**, v. 2, 2015.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD (NTSB). **Preliminary Aviation Statistics 2017**. Washington DC, 2017. Disponível em: https://www.nts.gov/investigations/data/Pages/Data_Stats.aspx. Acesso em: 26 jun. 2019.

PARTNERSHIP TO ENHANCE GENERAL AVIATION SAFETY, ACCESSIBILITY AND SUSTAINABILITY (PEGASAS). **Overview of PEGASAS**. West Lafayette, 2019 .Disponível em:<https://www.pegasas.aero/>. Acesso em: 26 jun. 2019.

REASON, J. **Human Error**. Cambridge university press, 1990.

SANTOS, L. C. B.; ALMEIDA, C. A.; FARIAS, J. L.; et al. **Aviões - Sumário Estatístico 2008-2017**. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Brasília. 2018.

_____. **Helicópteros - Sumário Estatístico 2008-2017**. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Brasília. 2018.

YILMAZ, A. K. et al. Risk matrix approach to human factors in aircraft maintenance organization. **ATINER's Conference Paper Series MGT2018-2560**, 2018.