**AUTOMAÇÃO ENQUANTO FATOR CONTRIBUINTE PARA ACIDENTES AERONÁUTICOS**

**AUTOMATION AS A CONTRIBUTING FACTOR FOR AERONAUTICAL ACCIDENTS**

Augusto Mateus Gomes Cunha[[1]](#footnote-1)

Humberto César Machado[[2]](#footnote-2)

**RESUMO:** Esta pesquisa teve como objetivo geral compreender a evolução das tecnologias nas cabines de comando ao longo do tempo com foco na automação utilizada em aeronaves, buscou identificar os riscos e as consequências da automação, e como isso pode impactar na segurança de voo e as razões que levam o automatismo nas aeronaves ser responsável pela ocorrência de acidentes e incidentes aeronáuticos. A pesquisa foi desenvolvida explorando livros, artigos e regulamentos. A abordagem utilizada foi quantitativa. Com análise de dados feita por meio documentos e estudos executados no meio da aviação, apoiando a fundamentação teórica. Ao término da pesquisa, entende-se que a aplicação de sistemas de automação na cabine de comando proporciona diversos benefícios que cooperam para a elevação da eficiência e segurança de voo, porém, quando empregados acima de uma quantidade onde o piloto não é capaz de gerenciar a aeronave de forma satisfatória, podem conduzir a situações de risco.

**PALAVRAS-CHAVE:** Automação das aeronaves; Segurança de voo; Tecnologia; Fatores de risco.

**ABSTRACT:** This research aims to understand the evolution of cockpit technology over time with a focus on automation used in aircraft, the search to identify the risks and consequences of automation, and how it can impact flight safety. The research was developed by studying books, articles and regulations. The approach used was quantitative. With data analysis carried out through documents and studies carried out in the aviation sector, according to the theoretical foundation. At the end of the research, it is understood that the application of automation systems in the cockpit provides several benefits that cooperate to increase the efficiency and safety of flight, but when used in addition to an amount in which the pilot is not able to manage the aircraft satisfactorily can lead to risky situations.

**KEYWORDS:** Aircraft automation; Flight Safety; Technology; Risk factors.

**1 INTRODUÇÃO**

Esta pesquisa foi motivada devido a necessidade de um estudo mais aprofundado na área da automação aeronáutica, visto a rápida mudança e evolução no modo de gerenciar aeronaves no cotidiano da aviação comercial. Há atualmente uma transformação dos equipamentos disponíveis para utilização na cabine de comando e no setor aeronáutico, que estão cada dia mais tecnológicos para o processo de gerenciamento, controle do espaço aéreo e operações aéreas a partir das cabines de comando.

O principal fator contribuinte para acidentes aeronáuticos relacionado a automação das aeronaves comerciais está na relação Homem-Meio-Máquina. Grande parte das investigações de acidentes e incidentes tratam, em seus relatórios finais com destaque para as recomendações de segurança, grande ocorrência de erros operacionais que se tornam fatores contribuintes para esses eventos, muitos desses levados a tragédias, sempre em função de um significativo desequilíbrio na relação Homem-Meio-Máquina. Os destaques são os problemas que se apresentam em algumas situações, na interação do homem com a máquina.

Para que a criação e desenvolvimento de novas tecnologias, novos modos de gerenciamento nas aeronaves ofereçam operações aéreas seguras e confiáveis, é necessário entender quais passos devem ser dados para ter um gerenciamento em equilíbrio com a automação e quais as competências e habilidades necessárias para que possa ocorrer um voo seguro. Desde modo se tornarão indispensáveis novas competências e habilidades para se trabalhar em um ambiente cada vez mais automatizado. Questiona-se então quais devem ser tais competências e de que forma poderia desenvolvê-las e aprimorá-las em uma futura geração de pilotos.

**1.1 Objetivos**

**1.1.1 Objetivo geral**

Avaliar as consequências do uso de sistemas de automação em aeronaves, no que se refere a segurança operacional e como isso leva a ocorrência de acidentes e incidentes aeronáuticos.

**1.1.2 Objetivos específicos**

Compreender a evolução das tecnologias voltadas a aviação;

Identificar quais as contribuições dos sistemas de automação para a segurança de voo e analisar como contribuem para a interação homem-máquina;

Explicar a aplicação da automação de voo nas aeronaves;

Analisar os riscos causados pela automação em aeronaves comerciais e como podemos diminuir os riscos nas operações causados pelo seu uso.

1.2 Metodologia

A presente pesquisa caracteriza-se descritiva, com processo bibliográfico e com abordagem tanto qualitativa quanto quantitativa. O processo para coleta de dados caracteriza-se como bibliográfico, onde serão realizadas buscas de informações bibliográficas em artigos, estudos científicos, publicações em sites, reportagens e revistas que descrevem o assunto tratado no trabalho apontando a problematização dos riscos causados pelo uso da automação na aviação comercial.

Inicialmente, será feito uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, visando à identificação do maior número possível de informações sobre o problema em questão, com ênfase nos trabalhos já realizados sobre automação de aeronaves. As fontes pesquisadas incluem principalmente artigos, livros, dissertações, teses e demais publicações científicas.

A abordagem da pesquisa foi qualitativa, por se fundamentar na realidade para entender uma situação única e quantitativa, por buscar conhecimento por meio de raciocínio de causa e efeito, redução de variáveis específicas, hipóteses e questões. Nesta investigação teórica, serão utilizados artigos e estudos científicos que tratem o tema da automação como um fator de risco para segurança operacional, como também a relação entre homem e máquina. Com a finalidade de se definir as vantagens, desvantagens e benefícios da automação e novas tecnologias na aviação comercial.

2 A EVOLUÇÃO DA AUTOMAÇÃO EM AERONAVES

Com o início da Primeira Guerra Mundial (1914-1918), houve o interesse de se utilizar aviões como uma poderosa máquina de batalha com grande engajamento e incentivo dado à atividade, proporcionando uma acelerada evolução das aeronaves e seus equipamentos. Pouco mais de uma década depois do primeiro voo do 14-Bis, já haviam milhares de aeronaves espalhados por todo o mundo, dos mais diversificados modelos e fabricantes, até mesmo bombardeiros e aviões de caça. (LEMOS, 2012).

Ao fim da Guerra, depois de 1919, as milhares de aeronaves fabricadas para estes objetivos, agora abandonadas em áreas militares, começaram a ser usadas para serviços postais, iniciando uma amplificação dos horizontes para uma nova forma de transporte, foi então que ocorreram os primeiros voos transoceânicos. Pouco tempo passou, e se teve início o transporte de pessoas, o que demandava uma evolução das aeronaves de uma forma geral, e levou ao início de uma infraestrutura aeroportuária, e novas profissões como por exemplo a de Comissária de voo. Do mesmo modo, equipamentos de navegação aérea passaram a ser produzidos, assim como os primeiros sistemas de automação, e a probabilidade de voar em condições atmosféricas adversas (LEMOS, 2012).

A aviação civil teve um avanço considerável nos últimos tempos. Só na década de 1970, 500 milhões de passageiros por quilômetro foram transportados. Já na década de 1980, esse número dobrou e, na década de 1990, dobrou novamente, atingindo 2000 milhões de passageiros por quilômetro. Ao mesmo tempo, a demanda de carga aumentou em uma taxa crescente de 10% por ano. O que expandiu a taxa de tráfego aéreo e resultou em céus rigorosamente congestionados (TARNOWSKI, 2002).

Simultaneamente, novas companhias aéreas eram formadas e a falta de pilotos fazia com que os operadores empregassem jovens pilotos, ao mesmo tempo que aeronaves antigas coexistiam com tecnologias modernas. Tais aspectos desenvolveram riscos jamais vistos na aviação comercial, no entanto os padrões da segurança de voo passaram a ser mais rigorosos. A excelência do voo em todos os seus aspectos, manutenção, atraso mínimo, tripulação, custo de combustível, entre outros, conduziu a essa necessidade essencial. Todos esses novos objetivos não poderiam ser alcançados em aeronaves velhas e desprovidas de sistemas modernos.

Nesse caso, o surgimento de sistemas automatizados criados para aeronaves comerciais colaborou para que as fabricantes aperfeiçoassem o meio de trabalho dos tripulantes na cabine de voo, de maneira a predispor meios favoráveis para que fosse possível trabalhar de modo efetivo e seguro (TARNOWSKI, 2002).

As cabines de comandodos aviões comerciais enfrentaram muitas mudanças ao passar do tempo. Atualmente, são formadas por uma grande quantidade de equipamentos automatizados que substituem as ações que antes eram reponsabilidade dos pilotos durante o voo. Então esses procedimentos serão adequadamente modificados se os pilotos mantiverem em mente que: a) A automação é um complemento para o homem; b) A automação melhora a segurança de voo e a eficiência; c) A automação é adaptada e ajustada para o homem; d) O homem tem de se adaptar à automação existente através de treinamento (TARNOWSKI, 2002).

No início do século XX as aeronaves utilizavam sistemas de comando manuais, transmitindo movimento as superfícies de comando por meio de cabos de aço. Esse tipo de sistema era comum até a década de 40, pois com o início da segunda guerra mundial, as aeronaves militares sofreram constantes melhorias a fim de superarem o inimigo. As aeronaves ficavam cada vez mais rápidas e com capacidade de carregamento de carga maior, o que deixava o controle direcional prejudicado, pois os comandos de voo tradicionais eram pesados quando operando em altas velocidades, o que demandava grande esforço do piloto que no momento devia estar focado na missão (SCHMITT, 1998).

Para que fosse possível superar este obstáculo e obter uma ampliação da manobrabilidade da aeronave foram criados sistemas de comando de voo chamados de hidromecânicos. Se trata de sistema que igualmente contém os cabos de aço, que fazem parte do manche, porém não é mais conectado à superfície, mas sim a atuadores hidráulicos responsáveis por movimentar as superfícies de comando, consequentemente foi possível diminuir os esforços do tripulante para controlar a aeronave e, também, melhorou a manobrabilidade (SCHMITT, 1998).

A partir de então este conceito passou a ser bastante utilizado especialmente na aviação civil. Na década de 70, foram criados vários modelos de aeronaves aerodinamicamente instáveis, por esse fator eram muito manobráveis, mas, circunstancialmente se não ocorresse interferência do piloto ou de qualquer sistema de monitoramento a aeronave não permanecia em sua trajetória pré-determinada. Mais uma vez, para que fosse possível a realização de tais projetos, tornaram-se indispensáveis novas pesquisas referentes aos sistemas de comando de voo, em consequência disso nem os puramente mecânicos e sequer os hidromecânicos diminuíam a necessidade.

Desenvolveram então alguns sistemas computadorizados de controle a partir do sistema hidromecânico para comandos de voo, e outros computadores que supervisionavam as velocidades submetidas e que baseados no recebimento de dados realizaria o aperfeiçoamento para continuar na trajetória pretendida. O sistema foi em pouco tempo superado por outro conhecido como *fly-by-wire* (FBW), onde os cabos de comandos foram trocados por sensores de posição, que transferem os movimentos efetuados pelo piloto a computadores que analisam a informação e movimentam as superfícies de comandos.

O sistema de comandos de voo do tipo *fly-by-wire* proporciona um aumento da capacidade de manobrabilidade, possibilitando voar aeronaves com estruturas de alta instabilidade aerodinâmica, e também aeronaves em situações de perdas parciais de sistemas. O sistema *fly-by-wire* do mesmo modo é projetado de forma onde o piloto possa ser capaz de efetuar uma manobra e atingir respostas sempre seguras com o intuito de garantir a segurança (SCHMITT, 1998).

3 AUTOMAÇÃO: BENEFÍCIOS E ELEVAÇÃO DA SEGURANÇA OPERACIONAL

Atualmente há aeronaves que pesam toneladas, e transportam centenas de passageiros em voos transcontinentais, e que estão equipadas com tecnologias de ponta, criadas para diminuir a carga de trabalho da tripulação e fazer-se voos cada vez mais seguros e eficientes. Pôde-se observar um avanço no desenvolvimento e utilização destes sistemas nas cabines de comando, muitas vezes direcionado a predominar diante das decisões dos pilotos, ou inclusive passar a substituí-las por sistemas automatizados, de maneira a criar um ambiente de cooperação unindo onde cada membro (homem e máquina) colabora com suas habilidades exclusivas para um gerenciamento seguro e eficiente do voo (SILVA, 2019)

O avanço tecnológico e o automatismo, ainda que bem-intencionados, podem acabar por criar novos problemas enquanto resolvem outros, a automatização de aeronaves foi "desenvolvida como um recurso para diminuir a carga de trabalho dos tripulantes ao mesmo tempo em que minimizava a ocorrência de erros humanos diante da complexidade crescente dos sistemas e equipamentos que integram a aeronave" (BILLINGS,1997).

É inegável que a evolução da automação na aviação civil trouxe inúmeros benefícios. A grande diminuição da carga física de trabalho na rotina dos pilotos a bordo, alarmes audiovisuais que preveem o mau funcionamento dos sistemas aumentando a segurança de voo, uma expressiva economia de combustível causada pela introdução de novos paradigmas operacionais nos computadores de bordo.

Equipamentos de prevenção de acidentes como o *Traffic and Collision Avoidance System* (TCAS) e também o *Enhanced Ground Proximity Warning System* (EGPWS), monitoração de panes mais eficaz dos segmentos do grupo motopropulsor da aeronave (com uso do – *Aircraft Communications, Adressing and Reporting System* (ACARS), sistemas muito mais exatos de navegação aérea (*Global Positioning System GPS / INS – Inertial Navigation System*) a utilização de *checklists* eletrônicos atuais estão no conjunto desses benefícios (JUNIOR, 2013).

Do ponto de vista comercial existe muitas vantagens a acrescentar, cada nova ideia possibilita com ela uma inovação tecnológica automatizada que pode reduzir os custos da operação, diversas vezes na significativa ordem de 20% a 25%, se equiparado o modelo de aeronave passada a atual. Da forma como a administração das atuais empresas de aviação encontrasse principalmente focado no controle de custos, o mercado busca projetos de aeronaves mais automatizados, com interesse de proporcionar projetos com uma redução do custo operacional, comandados por um menor número de pilotos, com autonomia suficiente para percorrer maiores distâncias e transportando o maior número possível de passageiros para garantir ganho e o aumento da produtividade (JUNIOR, 2013).

A principal razão para a recomendação da aplicação de sistemas automatizados complexos a bordo de uma aeronave, é elevar a segurança e melhorar a utilização dos equipamentos de voo. Visto que, uma aeronave antecipadamente programada para operar conforme padrões específicos é capaz de cumprir operações e manobras de forma mais exata e eficiente do que quando operada por um piloto de forma manual e intuitiva. A aeronave dispõe de um sistema exato, que correlaciona inúmeras informações em poucos segundos, estas informações são processadas e mediante elas o sistema escolhe a melhor decisão a ser tomada.

O piloto quando opera uma aeronave, deve estar sempre focado em inúmeros equipamentos simultaneamente através de sua visão, que identifica o ambiente a sua volta, iniciando um procedimento de análise de informações, ligando a experiências passadas, instrução, manuais entre várias formas que podem interferir em sua percepção, para só então começar um processo de decisão e ação. No entanto tal processo é mais demorado e muitas vezes a escolha da decisão ou o tempo de ação não é suficiente. Então a automação apresenta benefícios a segurança nas operações e também a economia para o setor da aviação (CAMPELLO, 2018).

**4 CONSEQUÊNCIAS DA AUTOMAÇÃO NA SEGURAÇA DE VOO**

A segurança de voo é algo de máxima importância na aviação, sem ela os índices de acidentes fatais se tornariam altamente maiores. Nenhum relatório final de acidentes aeronáuticos tem a intensão de apontar culpados ou responsáveis pelo ocorrido, porém busca apontar fatores contribuintes, sejam eles desvios operacionais ou falhas no sistema. Desta forma, busca-se, por meio desta investigação, a prevenção da ocorrência de acidentes.

Como citado por Walter Heller a visão de *High Reliability Organizing* (HRO), baseia-se na alegação de que na interação homem e a máquina, o elo fraco é o ser humano. Desta maneira a segurança só será possível eliminando o erro do ser humano por meio do estabelecimento de condutas operacionais condizentes com cada tarefa. Constantemente chamada de “*Old View*”. Ainda assim, a outra maneira de investigar o erro humano é levar em consideração como uma decorrência de problemas mais enigmáticos em uma organização e tratá-la como sendo apenas o início de uma investigação e não o fim dela. Esta é chamada “*New View*”.

Ainda assim a segurança jamais é o único foco em um sistema complexo, sempre haverá outros fatores como a pressão econômica em todas as circunstâncias, pressão que também está ligada diretamente ao mercado competitivo, visão pública e serviço ao cliente. Com esta concepção do erro humano as pessoas são indispensáveis para aumentar a segurança, em razão de que são os únicos capacitados a “negociar” entre segurança e outras tensões impostas durante a operação.

Embora chamada de “*New View*”, este conceito não é tão novo assim. O início da investigação dos fatores humanos na aviação surgiu com Paul Fitts em 1947, que, ao analisar 460 casos de acidentes em que a causa determinante foi classificada como “Erro Humano” Fitts constatou que na maior parte dos casos, o acidente só ocorria porque o piloto acidentalmente acionava a alavanca do trem de pouso depois de pousar ao invés da alavanca do flap, o que levava ao recolhimento inadequado do conjunto de rodas, danificando severamente a aeronave.

Por consequência constatou que em todos os aviões danificados ambas as alavancas estavam perto uma da outra além disto eram muito similares, e a ordem delas divergia de avião para avião, o que transformava, segundo ele, em uma armadilha acionada, pronta para ser desarmada a qualquer descuido do piloto. (PILATI, 2012).

Os tripulantes de aeronaves modernas têm a importante responsabilidade de gerenciar a performance de avançados sistemas automatizados, que realizam a maior parte das tarefas relacionadas as operações de voo. (ABREU JÚNIOR, 2008). Atualmente, em condições normais, os tripulantes dificilmente são submetidos a situações em que seja necessário utilizar seus conhecimentos e habilidades manuais, o que levou a grande redução da carga de trabalho na cabine de comando. O que faz com que a habilidade de pilotagem manual e a prática para realizar simples cálculos de navegação, tornem-se prejudicadas com o tempo e falta de costume, inclusive o controle e segurança determinantes passam a depender de sistemas automatizados e computadorizados.

Cada dia que passa, a indústria aeronáutica introduz mais sistemas automatizados nos aviões modernos, em consequência desta complexidade o tempo disponível nos programas de treinamento e construção dos jovens pilotos comtempla basicamente a operação em circunstâncias padrão (SARTER, WOODS, BILLINGS, 1997) deixando de lado a sabedoria convencional.

É evidente a grande evolução das tecnologias da automação na forma como tem se transformado em uma significativa contribuição para a tripulação no trabalho de comandar o voo do modo mais eficaz e seguro possível. Se não houvessem tais mecanismos, ainda estaríamos voando com 6 ou 7 tripulantes na cabine de comando para obter um bom gerenciamento de funções a bordo, ao invés de apenas dois pilotos, como ocorre em grande parte dos voos comerciais atualmente.

Porém de acordo com (CAMPOS, 2011), “enquanto a automação vem para melhorar a execução de um trabalho, aumentando a eficiência e a segurança do processo, ela também afeta drasticamente a atuação do operador, cuja tarefa passa, em alguns casos, de ator para mero espectador” Uma complicação grave surge no momento em que o operador passa a depender e confiar muito no sistema utilizado, ficando descuidado em sua operação, e nos comportamentos de rotina, sabendo que o mesmo está familiarizado a dispor do computador para realizar as funções, e deste modo, no decorrer do tempo, cada vez mais estabelecendo sua confiança no sistema, e desligando-se da indispensabilidade de “entender o que de fato está ocorrendo”.

As habilidades humanas, o conhecimento da navegação e da aeronave, passam involuntariamente a atribuir um papel de menor relevância. Percebe-se desta forma que, a evolução proveniente do uso de novas tecnologias está abalando as habilidades humanas em entender informações e em seu método de tomada de decisões. Uma das ideias de maior importância do gerenciamento da automação é ter conhecimento de quando a utilizar, em que grau utilizar e quando não utilizar. É fundamental que o piloto saiba executar manobras e procedimentos na aeronave aplicando automação. Apesar disso, deve-se ter conhecimento necessário para que ao desligar totalmente o sistema ainda tenha condições de voar manualmente quando a segurança do voo estiver em risco (CAMPOS, 2011).

Ainda mais preocupante que a extrema automação nas aeronaves, se dá o fato do excesso de confiança por parte dos pilotos. Quando o tripulante “se acostuma” com o sistema automatizado, e esquece a prática de seus conhecimentos e habilidades, até mesmo suas funções, que agora seria basicamente gerenciar o sistema, não seria de fato cumprida. Tal circunstância pode levar a perda de Consciência Situacional, como definida por Endsley (1996) como “a percepção de elementos no ambiente dentro de um volume de tempo e espaço, a compreensão de seus significados, e a projeção de seu estado num futuro próximo”.

Um piloto deve permanecer com seu nível de consciência situacional elevado a todo momento, não somente sua posição durante o voo, mas também de fatores da própria cabine de comando, status dos sistemas, condições ambientais, orientação espacial da aeronave e relação ao terreno, a outros tráfegos, e ao espaço aéreo. O piloto deve estar alerta a todo momento para atingir os três níveis de consciência situacional, que são: percepção parâmetros dos sistemas, localização espacial, entre outros; entendimento capacidade de interpretar as informações que tem; e por último a projeção futura a compreensão dos dados percebidos que permite prever o comportamento da aeronave num futuro próximo (CAMPOS, 2011).

Assim como os comandos automatizados necessitam de altos níveis de consciência situacional e segurança associados a conexão com gerenciamento e acompanhamento da operação, também pode causar estagnação e excesso de confiança na automação. A estagnação pode gerar desinteresse e reduzir o nível de alerta situacional o que pode levar a diversos tipos de falhas (SANTOS, 2016).

**5 SISTEMAS AUTOMATIZADOS**

A automação das aeronaves tem o propósito de proporcionar procedimentos mais seguros e eficientes com a finalidade de diminuir a frequência das falhas humanas ao automatizar trabalhos antes realizados pelos tripulantes (BILLINGS, 1997). Os sistemas automatizados embarcados nas aeronaves podem corresponder até 30% do seu total e devem possuir maior leveza e resistência em razão do ambiente de operação, que pode apresentar mudanças constantes. Assim como devem possuir confiabilidade e segurança superiores quando comparado a tecnologias utilizadas em veículos terrestres, visto que uma falha em voo afetaria rigorosamente a segurança operacional e causaria perdas financeiras numerosas (COLLINSION, 2011).

**5.1 Autopilot (A/P)**

O piloto automático foi criado com a finalidade de proporcionar aos pilotos descanso físico e mental no decorrer das operações de longa duração, possibilitando assim, que pudessem focar em tarefas nas quais a automação não pode interferir, tal como, a comunicação com órgãos de Controle de Trafego Aéreo (ATC), a monitoração das condições meteorológicas e acompanhamento do planejamento de voo (COLLINSON, 2011).

Sistemas automatizados, similares ao piloto automático, proporcionam inúmeros benefícios, como o aumento da Segurança Operacional, diminuição do consumo de combustível e aumento na performance da aeronave mesmo durante condições meteorológicas adversas (COLLINSON, 2011). No entanto é importante destacar que tais sistemas não podem ser deixados atuando sozinhos sem o devido gerenciamento do piloto, pelo fato de estarem sujeitos a falhas (MAHER, 2001).

O piloto automático identifica desvios na trajetória de voo e, desse modo, opera as superfícies de controle da aeronave com o intuito de se manter na trajetória de pretendida (EISMIN, 2002). Esse sistema pode ser muito descomplicado e integrar somente mecanismos com o trabalho de conservar a aeronave horizontalmente estável.

Mas ainda pode se encontrar sistemas de pilotos automáticos complexos presentes em aeronaves modernas, de maneira que esses possibilitam não somente permanecer estabilizado horizontalmente, mas também mantem altitude, atitude e trajetória de voo, que ainda interagem com os vários outros sistemas do avião, tais como o Sistema de Gerenciamento de Voo (Flight Management System - FMS). A repercussão dessa integração completa entre os sistemas resulta em circunstancias em que os controles de voo do avião respondem de maneira mais rápida e eficiente, fazendo-se assim manter uma trajetória de voo bem definida (COLLINSON, 2011).

**5.2 Autothrust/autothrottle**

Do mesmo modo que o piloto automático, o sistema *autothrust/autothrottle* diminui a carga de trabalho dos pilotos possibilitando desta forma que eles possam priorizar outras ações durante o voo, portanto, esse sistema opera de modo a controlar automaticamente a velocidade dos motores para um certo momento da operação. Favorecem também maior economia, na medida que apenas a quantidade de combustível exata é fornecida aos motores para determinada etapa do voo (COLLINSON, 2011).

Os sistemas de *autothrust/autothrottle* são diretamente conectados a um equipamento do qual a função é coordenar todo o desempenho do motor, o FADEC. De modo geral, o FADEC gerencia as variáveis no funcionamento do motor para uma certa condição de voo, definindo dessa forma a quantidade de combustível a ser entregue, gerenciar as variáveis de temperatura, densidade do ar e pressão. Pelo fato de um computador, seu funcionamento é completamente automático. Há algumas distinções em relação a maneira de operar entre o sistema *autothrust* e o sistema *autothrottle*.

O primeiro, quando ocorre mudança de potência nos motores, os manetes de aceleração mudam de posição, isto é, não tem apresentação de *feedback* visual para os tripulantes. Já no segundo, presente em aeronaves Boeing, na medida em que há mudança de potência, os manetes de aceleração se movem de forma correspondente, elevando desse modo a consciência situacional dos tripulantes. No contexto da aeronave modelo Airbus A320, o sistema utilizado é o *autothrust*. O piloto escolhe a posição dos manetes de potência e, portanto, os FCCs agem de modo direto com o FADEC, enviando indicações para que os motores realizem as tarefas demandadas de maneira correta.

**5.3 *Fly-by-wire***

*Fly-by-wire* se trata de um sistema que substitui os controles de voo habituais de uma aeronave por uma interface automática. Os movimentos executados pelos tripulantes, nos comandos de voo da aeronave, são transformados em sinais eletrônicos que, em seguida são transmitidos por cabos aos FCCs que vão estabelecer como serão movidos os atuadores de cada superfície de controle para que desta maneira obtenham uma resposta eficaz e amortecida, mantendo-se no envelope de voo (COLLINSON, 2011). O sistema *fly-by-wire* do mesmo modo possibilita que os sinais automáticos enviados pelos FCCs realizem tarefas sem a ação direta do tripulante, assim como, os sistemas que ajudam automaticamente a estabilizar a aeronave.

Os sistemas de controle de voo habituais (mecânicos e hidromecânicos) são consideravelmente pesados e exigem grande volume de cabeamento de controle de voo pelo interior da aeronave por sistemas de polias, manivelas, cabos de tensão e tubos hidráulicos. Os dois sistemas, em várias situações, demanda backup repetitivo para gerenciar falhas, o que termina resultando no acréscimo de peso e por consequência em maior consumo de combustível.

Já o *fly-by-wire* troca os cabos de controle mecânicos, presentes em sistemas de controle de voo mecânicos habituais, por sinais elétricos fornecidos pelos FCCs e que são conduzidos por meio de fios para os atuadores de controle final da aeronave. Em consequência da diminuição do peso, o sistema *fly-by-wire* favorece uma redução no consumo de combustível, aumenta o número de passageiros, manutenção simples, diminuição do tempo de resposta, maior eficiência dos comandos efetuados, diminui a carga de trabalho dos tripulantes e eleva a eficiência do voo em geral.

**5.4 Glass cockpit**

As medidas mais significativas a serem feitas no decorrer do voo acontecem na cabine de comando, local em que estão todos os dados relativos aos sistemas da aeronave e são disponibilizados aos tripulantes através de telas e monitores nomeados de *glass cockpit*. Tais monitores constituem a instrumentação digital da aeronave e são separados com:

• *Display* Primário de Voo (PFD): conjunto integrado dos instrumentos básicos de voo exibidos em uma mesma tela;

• *Display* de Navegação (ND): oferece todas as informações relacionados as ações de navegação dos tripulantes, assim como a posição da aeronave de acordo com o plano de voo programado, de modo coerente com as funcionalidades do FMS. O ND engloba também informações de tarefas complementares como navegadores, radar, TCAS e EGPWS;

• *Display* Multifuncional (MFD): empregados para apresentar dados do EICAS/ECAM. Os componentes de exibição ECAM oferecem todas as informações relacionados ao trabalho de gerenciamento do sistema da tripulação. Essas informações são numéricas, adequadamente organizadas conforme o seguinte princípio operacional:

As informações essenciais são exibidas em um campo específico da tela Motor e Aviso (E/W-D);

Os dados secundários, tendo como exemplo, em caso de pane ou conforme sejam essenciais em determinada etapa do voo, são exibidos no ECAM inferior chamado *System Display* (S-D) em momentos necessários;

Quando acontece uma situação imprevista que necessita de uma alerta ou um aviso, as informações relacionadas são disponibilizadas do seguinte modo:

Advertência ou aviso audiovisual que pode ser cancelado;

Todas as informações essenciais para analisar a situação sob a forma de um sistema sinóptico;

Ações indicadas a serem cumpridas pelos pilotos;

As limitações resultantes e procedimentos próprios, caso ocorra uma falha e os sistemas sejam reconfigurados.

**CONCLUSÃO**

Em pouco mais de 70 anos, as cabines de comando deixaram de ser um simples lugar para pilotar a aeronave de modo manual e se transformou em um ambiente totalmente automatizado, reduzindo o número da tripulação na cabine para somente duas pessoas, mas com muitos computadores. É incrível contemplar o quanto as aeronaves e seus equipamentos evoluíram ao longo do tempo, e o quanto a aviação agregou ao mundo. Não restam dúvidas sobre o fato de que a automação revolucionou as cabines de comando, reduziu a carga de trabalho da tripulação, e aumentou a segurança de voo comparado ao que era no início das atividades de transporte aéreo, e está em constante evolução.

Ao longo das pesquisas realizadas para o desenvolvimento deste trabalho, consegue-se entender a evolução das cabines de comando, e a forma como modernizou o transporte aéreo em todo o mundo. Consegue-se ainda conhecer a interação entre tripulação e máquina, então algumas conclusões podem ser obtidas, mas não de modo determinante, em consequência de uma restrição temporal, levando em consideração o fato de que a evolução do setor tecnológico é constante, todos os dias criam-se novos equipamentos, com eles, novos dilemas.

O grande questionamento proposto foi: até onde a automação nas cabines de comando colabora para a segurança de voo? É possível deduzir que a automação vem para auxiliar, quando aplicada de modo eficiente, isso significa, que é necessário ter equilíbrio. Porém chegar a uma solução mais ampla para esta questão, mais estudos precisam ser desenvolvidos nessa área, da mesma forma que uma análise e revisão de conceitos, a favor da segurança na aviação.

Apesar dos impressionantes avanços tecnológicos, é necessário que se saiba assimilar a relação que existe entre “reduzir riscos”, e “criar novos riscos”. A introdução da automação até certo ponto é positiva, porém não deveria haver a finalidade de reduzir ou retirar a tripulação da cabine de comando, porque deste modo estaria indo contra o conceito de excelência, vastamente utilizado na aviação para a elevação da segurança operacional.

Ambos têm vantagens e suas limitações. Os sistemas automatizados podem ter uma resposta rápida e objetiva, mas em diversas situações não podem perceber detalhes no ambiente em geral, da forma que somente um ser humano consegue fazer, nenhuma aeronave sem tripulação vai superar os instintos, a percepção, o julgamento de um piloto ou a habilidade de examinar uma situação de risco além do obvio e avaliar suas consequências.

Quando começa a iniciar uma relação de disputa entre os pilotos e o software, pelos comandos, qaundo deveriam trabalhar juntamente em favor da segurança de voo. E em outras situações, há total contentamento dos pilotos por estarem familiarizados com a automação, fazendo com que em situações de emergência, sejam pegos de surpresa, e muitas vezes não saibam como contornar a situação ou nem mesmo como pilotar corretamente, por estar dependente do automatismo.

Quanto aos pilotos, é indispensável que mantenham sempre a habilidade através do treinamento apropriado, com o objetivo de manter bons níveis de consciência situacional durante o voo, entendendo totalmente o funcionamento dos sistemas da aeronave, e que estejam sempre preparados para voltar ao voo manual, quando for necessário. No lugar de tomada de decisão, o bom gerente deve primar por cumprir às perspectivas da empresa, dos acionistas e dos clientes, mas, antes de tudo, colocar a segurança em primeiro lugar (CAMPOS, 2016).

Quanto aos fabricantes destas tecnologias, é necessário definir um limite admissível de automação, para que a mesma possa ajudar a tripulação em um voo seguro da aeronave, de modo oposto a sistemas complexos que faz comandos que se sobrepõe aos pilotos sem analisar todos os dados. Deste modo, com aeronaves sendo gerenciadas por pilotos bem treinados, providos de equipamentos eficientes e com um confiável nível de automação, em um meio associativo que incentive o comprometimento de toda a equipe, terá resultado na busca pela segurança das operações aéreas.

**REFERÊNCIAS**

BILLINGS, C. E. ***Aviation automation: The Search for a Human-Centered Approach***. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1997.

CAMPOS, Antonio Carlos Vieira de. **Conhecimento Geral das Aeronaves: Asas Fixas**. Palhoça, 2011. 298 p

CAMPELLO, Matheus de Oliveira, **Automação de Voo**, Palhoça, 2018

COLLINSON, R. P. G. ***Introduction to Avionics*** Systems. 3. ed. London: Springer, 2011.

EISMIN, T. K. **Aircraft Electricity & Electronics. Glencoe Aviation Technology Series**. 5. ed. New York: Glencoe/McGraw-Hill, 2002.

ENDSLEY, Mica R. **Automation and Situation Awareness**, 1996.

JUNIOR, C.E.A. ***Automação no cockpit das aeronaves***. 2013.

LEMOS, Valmir. **História da aviação**. Palhoça, 2012. 282 p.

MAHER, E. R. ***Avionics Troubleshooting and Repair***. For Pilots and Technicians. New York: McGraw-Hill, 2001.

PILATI, Gustavo. ***A influência da automação na consciência situacional dos pilotos***, 2012.

SANTOS, Paulo Roberto dos. **Segurança na Aviação**. Palhoça, 2016. 170 p.

SCHMITT, Vernon R. ***Fly-by-wire: a historical and design perspective*** – Vernon R. Schmitt, James W. Morris, Gavin D. Jenney, 1998.

SILVA, Reginaldo Damartine. **Até que ponto a automação contribui para a segurança de voo? Uma análise de acidentes aéreos relacionados com tecnologias de automação**, Palhoça, 2019.

TARNOWSKI, Etienne. ***Cockpit Automation Philosophy***. Blagnac, France, out. 2002.

Email para contato: (mateus\_augu\_[@hotmail.com](mailto:salomao-lobo-@hotmail.com))

(62) 9 9824-8621

1. Graduando do Curso de Ciências Aeronáuticas; Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO). [↑](#footnote-ref-1)
2. Pós Doutor em Psicologia pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC GO (2016); Doutor em Psicologia pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC GO (2013); Mestre em Psicologia pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC GO (2006), Especialista em História pela Universidade Federal de Goiás - UFG (2002), Graduado em Filosofia pela Universidade Federal de Goiás (1996), Graduado em Pedagogia pela ISCECAP (2018), Elemento Credenciado Fatores Humanos e Prevenção de Acidentes Aéreos pelo CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos), Professor Coreógrafo e Dançarino de Salão; Membro do Comitê de Ética e Pesquisa e Professor da Faculdade Alfredo Nasser - UNIFAN e professor da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC – GO). E-mail: [humberto.cesar@hotmail](mailto:humberto.cesar@hotmail).com. [↑](#footnote-ref-2)