

ALEXANDRE LIMA PRADO


**AUTOMAÇÃO E SEGURANÇA DE VOO:
UMA ANÁLISE DE ACIDENTES AÉREOS RELACIONADOS COM TECNOLOGIAS
DE AUTOMAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso - artigo científico - apresentado à Comissão de Avaliação de TCC da Escola Superior de Guerra – Campus Brasília como exigência parcial para obtenção do certificado de Especialista em Altos Estudos em Defesa.

Orientador: Prof. Dr. Darcton Policarpo Damião

Brasília
2020

Os TCC, nos termos da legislação que resguarda os direitos autorais, são considerados propriedade da Escola Superior de Guerra (ESG). É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho ou mencioná-los para comentários e citações, desde que sem propósitos comerciais e que seja feita a referência bibliográfica completa. Os conceitos expressos nos TCC são de responsabilidade do autor e não expressam necessariamente qualquer orientação institucional da ESG.


ALEXANDRE LIMA PRADO, Cel Av
Identidade: 461.825 COMAER


ALEXANDRE LIMA PRADO

**AUTOMAÇÃO E SEGURANÇA DE VOO:
UMA ANÁLISE DE ACIDENTES AÉREOS RELACIONADOS COM
TECNOLOGIAS DE AUTOMAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola Superior de
Guerra – Campus Brasília, como
exigência parcial para a obtenção do
título de Especialista em Altos Estudos
em Defesa.

Trabalho de Conclusão de Curso **APROVADO:**

Brasília, DF, 21 de outubro de 2020



DARCTÓN POLICARPO DAMIÃO (Cel R1 FAB)
Orientador



JOSÉ ROBERTO P. DE ANDRADE LIMA (Ten Cel Vet EB)
Avaliador 1



MARIA ALESSANDRA LIMA MOULIN (Ten Ped FAB)
Avaliador 2

Automação e segurança de voo: uma análise de acidentes aéreos relacionados com tecnologias de automação

Alexandre Lima Prado¹

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo geral verificar de que maneira a tripulação deve interagir com a automação contribuindo para o aumento da segurança de voo. O referencial teórico usado foi o trabalho coordenado pelo Professor norte americano Ken Funk, no qual foram elencadas as quatro questões mais influenciadoras sobre automação de cabine de aeronaves. Caracteriza-se como uma pesquisa exploratória com procedimento bibliográfico e documental por meio de livros, artigos, reportagens, regulamentos e leis. A análise dos dados foi feita por meio de documentos e estudos realizados sobre o setor aeronáutico, de acordo com a fundamentação teórica, bem como a análise dos Relatórios Finais de Acidentes divulgados pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Ao finalizar a pesquisa, conclui-se que, devido a falhas na interação homem & automação, gerando a limitação da consciência situacional, acidentes e incidentes podem ocorrer, momento este em que são apresentadas ações que podem ser aplicadas para mitigar os efeitos indesejáveis.

Palavras-chave: Acidentes. Aviação. Automação. Defesa Nacional.

Flight automation and safety: an analysis of air accidents related to automation technologies

ABSTRACT

This research aimed overall to verify how the crew should interact with automation contributing to increased flight safety. The theoretical framework used was the work coordinated by The North American Professor Ken Funk, in which the four most influential questions on aircraft cabin automation were raised. It is characterized as an exploratory research with bibliographic and documentary procedure through books, articles, reports, regulations and laws. Data analysis was made through documents and studies carried out on the aeronautical sector, according to the theoretical basis, as well as the analysis of the Final Accident Reports released by the Center for Investigation and Prevention of Aeronautical Accidents. At the end of the research, it is concluded that, due to failures in the interaction of man & automation, generating the limitation of situational awareness, accidents and incidents can occur, at which time actions are presented that can be applied to mitigate undesirable effects.

Keywords: *Accidents. Aviation. Automation. National Defense.*

¹ Coronel Aviador da Força Aérea Brasileira, servindo no Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Trabalho de Conclusão do Curso de Altos Estudos em Defesa (CAED) da Escola Superior de Guerra (ESG), Campus Brasília, 2020.

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Pouco mais de cem anos se passaram desde que o 14-Bis de Alberto Santos-Dumont ganhou os céus perante uma plateia de entusiastas franceses, demonstrando o que seria o primeiro voo, realizado totalmente por meios próprios, de um equipamento mais pesado que o ar. (LEMOS, 2012).

Inseridos em um sistema com evoluções constantes e aceleradas, evoluímos das aeronaves confeccionadas de madeira e pano para aeronaves de materiais compostos (*composites*). Abandonamos os voos realizados a poucos metros do chão para voos em outras camadas atmosféricas. Sobrepujamos as aeronaves que necessitavam ser confeccionadas por materiais de pouco peso, para alcançar as gigantescas aeronaves que, além de pesarem toneladas, carregam outras tantas toneladas de carga.

Evidentemente que o ciclo da evolução nos leva a novas necessidades e possibilidades de monitoração e controle do processo e com estas, as exigências dos tripulantes aumentaram, passando a ter novas características. Das novas formas de interação com a máquina aérea, o necessário avanço tecnológico se fez novamente presente, possibilitando as reduções no volume de tarefas desempenhadas pela tripulação, facilitando a tomada de decisão com informações mais precisas e atualizadas.

É importante observar que pouco tempo atrás, em virtude da complexidade dos sistemas e da operação da aeronave, as tripulações eram compostas por sete tripulantes: comandante, primeiro oficial, segundo oficial, engenheiro de voo, navegador, observador e operador de rádio; hoje temos apenas dois ou três pilotos gerenciando todos os complexos sistemas de uma aeronave.

Todo esse desenvolvimento aplicado ao modal de transporte aéreo gerou aeronaves mais confortáveis e com maiores capacidades, possibilitou treinamentos psicomotores mais eficientes para a tripulação, ofertou um número ilimitado de informações sobre o funcionamento dos sistemas, etc.

Fascinada pelas grandes e modernas máquinas aéreas, a sociedade dispensa um grande interesse pelo segmento e, talvez por esse motivo, os acidentes aeronáuticos, apesar da pequena quantidade destes, tenham um forte impacto emocional, superando os efeitos causados pelos acidentes de outros modais de transporte.

Conforme dados do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos - CENIPA (BRASIL, 2020), desde 2013 até julho de 2020, não houve nenhuma vítima fatal em decorrência de acidentes com o transporte aéreo regular, apesar dos duzentos milhões de

embarques e desembarques de passageiros realizados nos últimos sete anos, mas o fato é que todos se recordam deste ou daquele acidente aéreo ocorrido em um passado mais distante e que resultou em perdas de vidas e patrimônios (ex. AIRFRANCE 447, GOL 1907 etc.).

Nesta tentativa de contrabalancear e mitigar as falhas humanas e oferecer à sociedade um modal de transporte mais seguro, sistemas automatizados foram desenvolvidos, diminuindo a carga de trabalho da tripulação, com a assunção de determinadas tarefas, antes destinadas aos pilotos. A essa substituição homem x máquina podemos chamar de automação de cabine ou *Flight Deck Automation* (FUNK et al., 1995).

Conscientes da importância da automação e da necessidade de manutenção da segurança das operações, autoridades aeronáuticas (p.ex. Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC/Brasil e a *Federal American Aviation* – FAA/EUA) estabeleceram requisitos mais elevados para obter a certificação de aeronaves. Atualmente o fabricante é obrigado a atender aos requisitos mínimos, pelos quais as aeronaves projetadas têm que apresentar garantias de segurança na ordem de 10^{-9} para a probabilidade de ocorrência de falhas catastróficas dos principais sistemas aeroembarcados (FAA, 2011).

Muito embora esta seja uma busca constante e os sistemas tenham melhorado de forma significativa, com redução nos números de acidentes, indaga-se se esta redução no número de acidentes poderia ser ainda maior, evitando a perda de vidas e propriedades.

Das análises dos dados estatísticos observamos uma sensível mudança nos fatores contribuintes. Falhas materiais deixaram de ser as grandes vilãs e novos atores (fator humano) passaram a estar presentes nas ocorrências aéreas. Neste ciclo de modernizações, novos sistemas e barreiras foram desenvolvidos e implementados (ciclo da evolução das máquinas).

Os novos sistemas revelaram-se eficazes, contribuindo para a melhoria do desempenho operacional, com navegações aéreas mais precisas e diminuição de erros de pilotagem, tais como as variações de altura e de velocidade, principalmente nas aproximações para pouso, além da redução da carga de trabalho dos tripulantes.

Contudo, o avanço tecnológico e a automação, ainda que tenham sido projetados para reduzir a carga de trabalho da tripulação, podem gerar novos problemas, fazendo surgir riscos que antes não existiam. Neste sentido, este trabalho propõe um olhar mais atento sobre o assunto, analisando acidentes que contemplem aeronaves automatizadas buscando compreender a razão pela qual o moderno sistema não foi suficiente para evitar ou mitigar as ocorrências. Seria uma falha de projeto ou a interação homem-máquina que não ocorreu da forma desenhada no projeto?

Compreender a aplicação eficiente das tecnologias no setor aéreo se apresenta necessário e oportuno possibilitando que conhecimentos adquiridos na aviação civil venham não somente melhorar os padrões de segurança da aviação civil, mas também aprimorar os treinamentos militares.

Ao se transladar os conhecimentos oriundos da aviação civil, é possível trabalhar ações proativas por parte dos operadores, sejam eles civis ou militares, de forma a manter sob relativo controle os efeitos indesejáveis advindos da automação no ambiente de cabine e possibilitar o incremento, ainda maior, da segurança do setor aéreo.

Nesse sentido, ressalta-se o que estabelece a Estratégia Nacional de Defesa, a qual estabelece a aviação civil e suas aeronaves como força do poder de defesa nacional e não somente a aviação militar, mitigando as possíveis vulnerabilidades na Defesa Nacional.

Ressalta-se que, segundo Abreu (2018, p.73), vulnerabilidade deve ser entendida como:

“É a característica de fraqueza em algum grau de uma estrutura concebida para a proteção de um bem ou interesse. [...] entre outros fatores, vulnerabilidade de um sistema protetivo podem ser decorrentes:

- (i) do **baixo investimento em recursos físicos e humanos**, aquém do recomendado tecnicamente;
- (ii) da precariedade do controle interno dos processos;
- (iii) da **possibilidade de falha de procedimento operacional** padrão humano sem opção de reserva; e [...]” (grifo nosso)

1.2 A PESQUISA

Alguns trabalhos importantes a respeito da automação foram ou estão sendo executados por renomados especialistas ao redor do mundo, analisando especificamente a influência do automatismo no comportamento humano, objetivando entender de que forma devemos caminhar para a inserção segura de sistemas automatizados na aviação moderna.

Segundo Campos (2011), a revolução provocada pelo uso de novas tecnologias da computação e da informática está impactando a habilidade humana de processar informações e tomar decisões.

Na tentativa de melhor entender os efeitos do uso da automação no ambiente de cabine, termos e definições são apresentados por diversos pesquisadores, como por exemplo, consciência situacional e automação.

Nesse sentido, a pesquisadora americana Mica R. Endsley (2011, p.18) destaca que um piloto necessita manter seu nível de consciência situacional elevado e isso não apenas referente à sua postura, mas também ao contexto ao qual está inserido, ou seja, condições dos

sistemas, condições ambientais, orientação espacial, atenção nas comunicações com os órgãos de controle e todas as demais interações necessárias ao desempenho eficaz da tarefa de comandar uma aeronave.

Observa-se então que a automação requer uma necessária manutenção da consciência situacional para o correto gerenciamento das atividades. Caso a automação venha a ser incorretamente gerenciada, um indesejável excesso de confiança nos sistemas poderá levar o operador a ter receio de assumir as ações realizadas pelo sistema.

Uma vez que o operador “se acostuma” com o processo automatizado e subestima a necessidade de manutenção de seus conhecimentos e habilidades (adquiridos durante a formação inicial na aeronave), a sua função de monitoramento dos sistemas passa a ser deficiente. Deteriorada a consciência situacional, surpresas da automação passam a ter maior relevância. Neste momento, temos o que conhecemos pela caracterizada pergunta: “o que esse avião está fazendo?” (SARTER, WOODS e BILLINGS, 1997). Este é um instante perigoso no qual a aeronave está à frente do gerenciamento da tripulação e o “avião passa a comandar as reações dos pilotos”.

Sarter, Woods e Billings (1997), dentre suas várias contribuições para o tema, destacam estas questões ligadas à surpresa causada pela automação (*Automation Surprises*), principalmente pela dificuldade de os pilotos compreenderem e interpretarem as ações adotadas pelo automatismo do sistema. Pontuam então a necessidade de ajuste do foco de desenvolvimento da automação: projetar sistemas centralizados no homem, os quais deveriam atuar de maneira transparente e compreensível para o ser humano, evitando assim, o desenvolvimento de sistemas nos quais o homem tenha que se adaptar ao mesmo, facilitando com isto a interação entre pilotos e sistemas automatizados.

Outro ponto interessante a salientar advém dos estudos realizados pelo pesquisador Earl Wiener (1989), os quais concluem que a automação não diminuiu a carga de trabalho dos pilotos como esperavam os projetistas e fabricantes de aeronaves, mas sim, provocou uma distribuição desigual da mesma ao longo do voo - *unevenly distributed*. Como exemplo ele cita as fases de cruzeiro em que os sistemas autônomos provocariam uma diminuição da carga de trabalho, muito embora já seja relativamente baixa nessa fase do voo. Entretanto, nas descidas e aproximações para pouso, quando não há a devida antecipação, as inúmeras inserções de dados nos sistemas informatizados acabam por elevar consideravelmente a carga dos pilotos.

Neste projeto, foi priorizado o trabalho de Ken Funk, professor PhD da Universidade de Oregon, Estados Unidos, principalmente sua pesquisa *Flight Deck Automation Issues* (FUNK

et al., 1999), a qual teve por base o estudo realizado pela *Federal Aviation Administration* (FAA, 1996). Na pesquisa conduzida por Funk et al. (1999), utilizou-se evidências colhidas por meio de entrevista de 47 especialistas sobre o assunto; análise de vinte relatórios de acidentes aeronáuticos e de 960 documentos sobre o tema; e entrevistas com 128 pilotos. Ao final, foram apresentadas as quatro principais constatações sobre automação de cabine, a saber:

1. A demanda de atenção da interação piloto-automação pode interferir de maneira significativa na execução de tarefas críticas para a segurança de voo, provocando efeitos como distrações, “cabeça baixa” (pilotos inserindo dados nos FMS – *Flight Management System* – Sistema de Gerenciamento de Voo, tradução nossa) etc.;
2. A automação pode atuar de maneira inesperada e inexplicável na visão dos pilotos, podendo gerar confusão, aumento de carga de trabalho e, em alguns casos, levando a condições inseguras;
3. Os pilotos podem tornar-se complacentes em função do excesso de confiança na automação e falharem em exercer apropriada vigilância (gerenciamento) do sistema, chegando, em alguns casos, a abdicar dessa responsabilidade passando-a à automação; e
4. O comportamento dos sistemas automatizados, ou seja, o que eles estão fazendo no momento e o que farão no futuro, com base nos *inputs* dos pilotos e outros fatores, pode não ser claro para os pilotos, possivelmente resultando em redução da consciência destes sobre a ação e os objetivos da automação. (tradução nossa).

Nesse contexto, torna-se evidente a relevância do tema para a área de Segurança Nacional, de Defesa Nacional e de Desenvolvimento do País, visto que os conhecimentos advindos da aviação regular brasileira, além de auxiliarem no desenvolvimento da aviação civil, podem ser empregados para aperfeiçoamento do emprego das aeronaves militares.

1.3 METODOLOGIA

Considerando o objetivo geral deste trabalho, que foi verificar de que maneira a tripulação deve interagir com a automação visando o incremento da segurança das operações, foi realizada uma pesquisa exploratória, de raciocínio dedutivo, tendo abordagens principalmente qualitativas.

Com vistas a proporcionar um sequenciado e adequado entendimento sobre os componentes do problema da pesquisa, foram enumerados e devidamente atingidos três objetivos específicos, a saber:

OE1 – Com base no banco de dados de ocorrências do CENIPA, identificar os principais fatores contribuintes para os acidentes ocorridos com a aviação regular brasileira, entre os anos de 2010 e 2020;

OE2 – Verificar de que forma o desconhecimento dos sistemas automatizados, por parte dos tripulantes, propiciou a perda de consciência situacional nas ocorrências aeronáuticas elencadas; e

OE3 – Com base nas possíveis falhas de treinamento dos tripulantes, identificar os pontos relevantes a serem explorados nos treinamentos mitigando os efeitos indesejados da automação, possibilitando o emprego seguro das modernas e automatizadas aeronaves empregadas na atualidade pelas Forças Armadas.

Para a obtenção do objetivo específico 1 – OE1, foi realizada a identificação de quantos e quais foram os acidentes ocorridos no corte temporal descrito. Nesse sentido, foi analisado o Folheto do Comando da Aeronáutica - FCA 58-1, que trata do Panorama Estatístico da Aviação Brasileira (BRASIL, 2020). Os dados básicos das ocorrências não contempladas pelo FCA (tipo e matrícula da aeronave, data e local do acidente e tipo de ocorrência) foram obtidos por meio de contato direto com a divisão de estatística do CENIPA.

De posse dos dados obtidos, buscou-se evidenciar quais fatores contribuintes estiveram presentes nos acidentes ocorridos. Para isso, foram analisados os acidentes que tiveram suas investigações concluídas e publicadas no *website* do CENIPA.

Em resposta ao objetivo específico 2 – OE2 realizou-se a análise das respostas dos tripulantes às ações realizadas pelos sistemas automatizados, à luz das questões levantadas por Funk et al. (1999), referencial que embasa a presente pesquisa.

Finalmente, foi realizado o estudo e a apresentação de possíveis estratégias de capacitação e treinamento que venham a ser empregadas nas modernas e automatizadas aeronaves adquiridas pelas FFAA, atingindo o objetivo específico 3 – OE3. O emprego eficaz das modernas e automatizadas plataformas aéreas contribui diretamente para a defesa nacional conforme o estabelecido na Política Nacional de Defesa.

Estruturalmente, o artigo está dividido em cinco capítulos, no qual temos no primeiro capítulo a contextualização do tema abordado com destaque para o despertar de interesse do leitor sobre o tema. No capítulo seguinte, realizamos o nivelamento do entendimento sobre os termos “consciência situacional” e “automação” permitindo que a compreensão uniforme das expressões possibilite a todos seguir num mesmo sentido.

Estando sedimentados os conhecimentos necessários, iniciamos um novo capítulo no qual serão apresentados resumos das análises das ocorrências investigadas no período de 2010

a 2020, buscando relacionar os fatores contribuintes com as dificuldades de interação entre tripulantes e a automação, que leva à possibilidade de perda da consciência situacional experimentada pelos respectivos tripulantes.

Uma vez vencida essa análise, apresentamos estudos realizados por importantes nomes da área de fatores humanos buscando verificar formas de melhorar a interação homem e automação.

Finalizando, o estudo sumariza com os principais tópicos abordados, oportunidade esta em que busca reafirmar a importância do trabalho destacando as contribuições e as vantagens que podem ser alcançadas com o aproveitamento dos conhecimentos extraídos da pesquisa.

2. DEFININDO AUTOMAÇÃO E CONSCIÊNCIA SITUACIONAL

Neste capítulo, o autor buscou apresentar os conceitos de termos técnicos empregados na investigação de acidentes e no estudo dos fatores humanos como forma de nivelar o conhecimento do leitor e propiciar um entendimento uniforme da linha de estudo realizada.

2.1 AUTOMAÇÃO

Recorrendo ao auxílio do dicionário Aurélio (2020) é possível obter uma definição macro, qual seja: “funcionamento de uma máquina ou grupo de máquinas que, sob o controle de um programa único, permite efetuar, sem intervenção humana, uma série de operações contábeis, estatísticas ou industriais²”.

Trazendo essa definição para o ambiente aeronáutico, sugerimos o uso do seguinte conceito: incorporação de sistemas e equipamentos com capacidade de facilitação da monitoração e execução de atividades através da diminuição da carga de trabalho, da melhora da exatidão das ações, da redução dos custos operacionais, propiciando o uso maior do espaço aéreo num mesmo dado momento.

Uma vez sedimentado o conceito utilizado, faz-se necessário examinar de que forma a evolução foi desenvolvida e incorporada através do tempo. No quadro seguinte podemos destacar as principais evoluções de acordo com o período:

²Disponível em: <https://www.dicio.com.br/automacao>. Acesso em: 20 SET 2020.

Quadro 1: Resumo da evolução tecnológica das aeronaves através do tempo.

Período	Inovações Tecnológicas	Aeronaves
1930-1949	Desenvolvimento do giroscópio e sua utilização nos instrumentos de bordo.	Junkers F-13
1950-1959	Desenvolvimento de sistemas aeronáuticos relacionados com a operação das aeronaves.	Douglas DC-3
1960-1969	Desenvolvimento e consolidação de grandes aviões de transporte propulsados com motores a reação.	Boeing 707
1970-1979	Desenvolvimento e consolidação de sistemas autônomos de navegação e redução de tripulantes técnicos a bordo através da automação de funções.	Boeing 767
1980-1989	Desenvolvimento e consolidação de sistemas de navegação por satélites.	Airbus 330
1990-dias atuais	Desenvolvimento e consolidação de sistemas de gerenciamento em cabines de alta tecnologia digital	Boeing 787

Fonte: FONTES (2014, p. 50-60). Tradução do autor.

Outro ponto importante a se destacar são os níveis de automação considerados neste estudo, de forma a permitir ao leitor um correto entendimento das análises realizadas das ocorrências aeronáuticas. Para tal, utilizamos a classificação empregada por Parasuraman et al (2000), os quais estabeleceram em seus estudos dez categorias, a saber:

- **Nível 1:** operação manual ou sem automação;
- **Nível 2:** um grupo completo de alternativas de decisão/ação é provido ao operador para sua livre escolha;
- **Nível 3:** apenas um pequeno grupo de alternativas de decisão/ação é provido ao operador;
- **Nível 4:** apenas uma sugestão de decisão/ação é provida ao operador;
- **Nível 5:** a automação toma a decisão/ação, após a aprovação do operador;
- **Nível 6:** a decisão/ação é provida ao operador com o tempo limite para o veto, antes da execução automática;
- **Nível 7:** ação automática de automação e notificação ao operador;
- **Nível 8:** ação automática da automação e notificação ao operador, somente quando a informação for requisitada;
- **Nível 9:** ação automática da automação e notificação ao operador, a critério da automação; e
- **Nível 10:** automação autônoma.

Como podemos observar, muito trabalho tem sido desenvolvido ao longo das últimas décadas com a introdução de novas tecnologias que têm por objetivo facilitar a interação e o

gerenciamento das informações. Dentre elas, destacamos a tecnologia conhecida como *touchscreen* (tela sensível ao toque, tradução nossa) e comandos por voz.

Nesse contexto, a implementação do sistema conhecido como entrada direta por voz, do inglês *Direct Voice Input* (DVI) permitirá ao piloto a programação do sistema sem a necessidade de efetivamente colocar as mãos no equipamento. O desafio, entretanto, é a capacidade do sistema compreender os diferentes sotaques e pronúncias, muito embora essa tecnologia já seja utilizada em caças militares (*Eurofighter, Typhoon*) (EUROFIGTHER, 2016).

A aviação militar apresenta uma carga de trabalho conhecidamente maior que a da aviação comercial, ao se considerar que, além do gerenciamento das informações de voo e das condições da aeronave, existe a necessidade de vigilância do entorno aéreo, identificação de alvos, entrada em combate, seleção de armamentos etc. Desta forma, é de fácil compreensão que muitos sistemas sejam inicialmente desenvolvidos para as plataformas aéreas militares (EUROFIGTHER, 2016). Esse entendimento ratifica a necessidade de preparação das Forças Armadas no contexto de automação e dos novos sistemas como forma de antever necessidades de capacitação e formação profissional.

2.1.1 Vulnerabilidades dos sistemas de automação

Apesar de corriqueiras, as alterações por solicitação dos órgãos de controle de tráfego aéreo, na trajetória de voo previamente inseridas nos computadores de bordo pelos pilotos, poderiam ser um grande problema na condução dos voos, segundo aponta um estudo realizado por *experts* da FAA.

Com base em depoimentos, o grupo publicou um relatório final com recomendações para integrar as soluções no gerenciamento dos sistemas.

Em suas conclusões a FAA (1996, p.36), assim se pronunciou:

“Relatórios de acidentes e incidentes sugerem que a tripulação continua com problemas em gerenciar os sistemas de trajetória de voo.” [...] “Nos achamos vulnerabilidades nos modos [automação] e consciência da quantidade de energia, controle manual e gerenciamento de falhas ou mau funcionamento dos sistemas. Isso inclui falhas antecipadas pelos designers, [falhas] para as quais não existem procedimentos para as tripulações e [falhas] no sistema de gerenciamento de voo”. (tradução nossa).

Muito embora esse problema tenha sido relatado em 1996, nos Estados Unidos, ainda se faz presente e atual. Passados mais de vinte anos, os tripulantes ainda apresentam dificuldades no gerenciamento das informações disponibilizadas pelos sistemas e ainda são observadas falhas na monitoração da automatização. Há que se considerar que muito embora a automação tenha se desenvolvido, também tivemos a implementação de novos e mais restritivos procedimentos, como por exemplo, aproximação de precisão com limites de variação muito pequenos.

Achados básicos do grupo de trabalho:

- Os pilotos conseguem mitigar as ameaças e riscos, entretanto, conhecem o sistema parcialmente, assim como procedimentos de cabine e de consciência situacional (em voo), o que pode acarretar na diminuição das habilidades de responder as situações de falhas;
- A nova tecnologia aplicada à modernização das aeronaves antigas pode trazer confusões aos pilotos;
- Vulnerabilidades também foram encontradas em:
 1. Pouca ou baixa habilidade psicomotora para a pilotagem manual; e
 2. Desconhecimento da lógica dos sistemas autônomos pelos pilotos.
- Inserção de dados errados no computador, comunicação entre pilotos e coordenações de cabine continuam contribuindo para acidentes e incidentes.
- Tarefas na cabine continuam afetando o gerenciamento do voo.
- Métodos de ensino, tempo das sessões e o conhecimento dos instrutores podem não ser ideais no treinamento das tripulações para as questões de gerenciamento eficaz do voo.
- Os serviços de tráfego aéreo desconhecem requisitos necessários ao emprego da automação.

2.2 CONSCIÊNCIA SITUACIONAL

Segundo Endsley (2011, p.15), consciência situacional pode ser definida como “a percepção precisa dos fatores e condições que afetam uma operação diante de uma equipe durante um período de tempo definido”.

Figura 1: Níveis de consciência situacional.



Fonte: ENDSLEY (2011, p. 15). Adaptado pelo autor.

A Figura 1 apresenta os três níveis de consciência situacional de forma pictográfica, que assim devem ser entendidos:

- Nível 1- Percepção: o piloto recebe as informações existentes no ambiente, como por exemplo: orientação de sua aeronave no espaço, presença de outras aeronaves, informações de condições dos sistemas embarcados, comunicações emitidas pelos órgãos de controle, entre outros.

- Nível 2 – Compreensão: neste segundo momento, o piloto passa a ter o entendimento das informações recebidas no nível 1. Por exemplo, avisos luminosos e auditivos indicando alguma falha de sistema, devendo o piloto ser capaz de compreender as informações (por vezes priorizando a atenção necessária a cada situação).

- Nível 3 – Projeção: deve ser entendida aqui como a capacidade de antecipar as ações futuras com base nas informações existentes no momento. Período de crucial importância, que chamamos na aviação de “estar à frente de sua aeronave”. É nesse instante que os treinamentos realizados, experiências vividas e/ou conhecidas possibilitam a “visualização” dos comportamentos dos sistemas, da aeronave. Quanto melhor o treinamento e as respostas automáticas do piloto, mais fácil se processam todas as informações antevendo condições futuras.

Segundo Parasuraman et al (2000), se o operador humano de um determinado sistema automatizado não for capaz de manter a consciência situacional, ele não será capaz de interpretar e responder eficazmente às falhas de automação.

Compreender e identificar os motivos que levam à perda da consciência situacional tem sido o foco de muitos estudos realizados e sua dificuldade se faz transparente, uma vez que a perda está relacionada a uma diversidade de explicações (ENDSLEY, 2011). Ainda segundo o

autor, quando o papel de um operador humano é reduzido ao de expectador dos sistemas automatizados, a complacência poderá ocorrer e sua capacidade perceptiva estará em declínio.

Outra forma de perda da consciência situacional se apresenta quando o operador passa a confiar em demasia no sistema e na automação, relegando a um segundo nível sua experiência e aptidão para identificar antecipadamente os problemas (projeção futura). (FUNK et al., 1999).

É importante destacar neste momento que, quando o tripulante passa a confiar em demasia nos sistemas automatizados, o processo de gerenciamento se torna débil. Em virtude de ter a certeza de que o sistema irá propiciar a melhor resposta aos *inputs* recebidos, o operador deixa de monitorar e perceber todas as informações disponibilizadas, o que iniciaria, naquele momento, a percepção e a compreensão dos fatos. A partir do momento que o sistema entra em colapso, o tempo de resposta e a sensação de que a falha é de grande magnitude impõem ao operador uma carga estressora considerável, fazendo com que as sequências lógicas e os treinamentos anteriores tenham pouco sucesso e que a tomada de decisões corretas no espaço temporal seja precária (ENDSLEY, 2011).

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Verificando os acidentes ocorridos com a aviação regular brasileira entre 2010 e 2020, apresentamos um resumo das 17 ocorrências sucedidas no período supracitado, destacando que, até a data de conclusão do trabalho, dez ocorrências foram finalizadas pelo CENIPA (sinalizadas em negrito). Dentre as finalizadas, destacamos em amarelo as ocorrências nas quais a interação com a automação pode ser observada.

Muito embora o corte temporal (2010 a 2020) e de tipo de operação (aviação regular brasileira) possa aparentar que restringe o campo de estudos, é importante lembrar que a aviação regular, em virtude de regras estabelecidas para esse tipo de operação, apresenta regras mais rígidas, como por exemplo, obrigatoriedade de realização de simuladores, existência de SGSO (Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional) nas empresas, manutenção realizada em oficinas credenciadas pela Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC.

Desta forma, o estudo realizado possibilita transladar as falhas evidenciadas nesse nicho de atividade para os demais tipos de operação, uma vez que a regulação obrigatória em outros tipos de operação é mais flexível e permissiva (instrução, experimental, particular, não regular, táxi aéreo etc.). (Fonte: PAINEL SIPAER).

Da extração dos dados realizada junto aos arquivos do CENIPA, temos que os fatores contribuintes, quando observados nos demais tipos de operação, embora possam ter alguma variação de ordem, apresentam os mesmos índices, entre os cinco primeiros, em termos de ocorrência na aviação regular.

Outra questão importante é que o CENIPA emprega a taxonomia estabelecida em acordos internacionais e utiliza a base de dados ECCAIRS (*European Co-ordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems*³) como sistema de notificação e gerenciamento das informações de ocorrências, dessa forma, foi possível efetuar uma verificação de similaridade dos percentuais de aparição dos fatores contribuintes em termos globais.

Os modelos de aeronaves envolvidos nos acidentes listados na tabela 1 (abaixo) apresentam características de automação distintas. Por exemplo, a linha *Airbus* (A 320/330/340) possui comandos de voo totalmente acionados por computadores e cabos elétricos (*fly-by-wire*), bem como *auto thrust* (acelerador automático), *autobrake* (frenagem automática) e *auto land* (sistema de pouso automático) enquanto a aeronave EMBRAER 145 não possui sistema automático de potência, mas possui comandos de voo controlados através de hastes mecânicas. Contudo, ambas possuem sistemas de diretor e computador de voo, sistema de gerenciamento de voo e de alarmes e piloto automático, cujas interações estariam passíveis das influências elencadas por Funk et al. (1999).

De acordo com Funk (FUNK et al., 1999), a automação usualmente está ligada aos sistemas de piloto automático; diretor de voo; sistema de gerenciamento de voo; sistema centralizado de alarmes e dispositivos automáticos de controle de potência, seja por *auto throttle* (sistema automático de controle de manetes) ou por *auto thrust*, cuja diferença está no mecanismo utilizado para a manutenção das velocidades/regimes programados pelos pilotos.

³ Centro de coordenação europeu para sistemas de notificação de acidentes e incidentes. Tradução nossa.

Quadro 1: Resumo de acidentes da aviação regular brasileira entre 2010 e 2020.

Data	Aeronave	Tipo	Automação
09/07/2020	PTTMO	Com pessoal em voo	Não relevante
16/09/2019	PTMHC	Falha do motor em voo	Não relevante
15/06/2019	PRMPN	Falha ou mau funcionamento de sistema / componente	Não relevante
03/03/2019	PROCW	Excursão de pista	Não relevante
03/03/2019	PROCW	Pouso aquém/além da pista	Não relevante
06/08/2018	PTMXA	Com pessoal em voo	Nível 9
16/07/2018	PRGGD	Com trem de pouso	Não relevante
20/03/2017	PRTTH	Perda de controle no solo	Não relevante
21/10/2016	PRSTN	Perda de controle no solo	Não relevante
25/09/2014	PRGOR	Manobra abrupta	Nível 8
30/05/2014	PRTKB	Colisão com fauna	Não relevante
28/03/2014	PROAF	Com trem de pouso	Não relevante
02/09/2013	PTMVL	Causado por fenômeno meteorológico em voo	Nível 9
24/03/2012	PRWJA	Causado por fenômeno meteorológico em voo	Não relevante
07/02/2012	ECGLE	Causado por fenômeno meteorológico em voo	Nível 9
06/01/2012	PRTKB	Com pessoal em voo	Nível 2
13/07/2011	PRNOB	Falha do motor em voo	Não relevante
21/02/2011	PRTTI	Com trem de pouso	Não relevante
25/08/2010	PRPSJ	Pouso antes da pista	Nível 7

Fonte: CENIPA (2020), adaptado pelo autor.

É importante ressaltar que a nomenclatura dos fatores segue a legislação sobre o assunto, o MCA 3-6 (BRASIL, 2017).

Gráfico 1: Fatores contribuintes dos acidentes da aviação regular brasileira (2010-2020).



Fonte: CENIPA (2020), adaptado pelo autor.

O gráfico 1 apresenta os fatores contribuintes nas ocorrências analisadas. Observa-se que em uma ocorrência, podem estar presentes mais de um fator contribuinte, corroborando com a ideia de que as ocorrências não possuem uma causa única e sim uma sequência de condições latentes e falhas ativas (REASON, 2000).

Outro ponto importante a se destacar e que pode ser observado no gráfico acima é que dos trinta fatores contribuintes presentes nas ocorrências, apenas três não estão diretamente relacionados ao fator humano (“outro fator”, correspondente a dez por cento do total), o que pode indicar que é possível reduzir ainda mais o número de ocorrências aplicando melhores treinamentos e com a familiarização dos tripulantes com os sistemas automatizados (fator humano).

Da análise das ocorrências e seus fatores contribuintes à luz das questões observadas por Funk et al. (1999), verificou-se a contribuição da automação em seis ocorrências investigadas, as quais serão detalhadas a seguir:

3.1 PR-PSJ (EMB-145LU) - TRÁFEGO AÉREO (RF A-512/CENIPA/2016, OCORRIDO EM 25 AGO 2010)

Nível 7 de automação.

A aeronave realizava a rota São Paulo – Bahia. Na aproximação final de um procedimento visual para pouso, na Bahia, a aeronave colidiu os trens de pouso principais e a parte inferior da fuselagem traseira em uma pequena elevação antes da cabeceira. A aeronave arrastou-se sobre a parte inferior da fuselagem por trezentos metros e saiu da pista pela lateral esquerda, parando a cerca de trinta e cinco metros.

Durante toda a aproximação final, houve apenas uma manifestação, por parte do copiloto, de estar aproximando com todas as luzes do Sistema Indicador de Trajetória de Aproximação Visual - VASIS vermelhas, o que indica que a aeronave estaria em uma rampa abaixo da normal para pouso (que era de três graus para essa pista).

Somando-se ao fato de a rampa ter sido realizada mais baixa, observou-se que a velocidade estava oito nós acima da Velocidade de Aproximação (VAp), e os flapes foram comandados para a posição prevista para pouso a duas milhas náuticas da cabeceira da pista. Tais procedimentos contrariaram as condições recomendadas pelo fabricante para a realização de uma final estabilizada, as quais poderiam ter aumentado a probabilidade de se realizar um pouso preciso.

O copiloto demorou a comunicar a dificuldade encontrada para a correção da rampa e, quando o fez, não foi assertivo o suficiente para chamar a atenção do comandante para a situação, pois se encontrava realizando as verificações finais da cabine antes do pouso.

Assim, a aeronave foi conduzida em uma rampa baixa (luzes vermelhas no VASIS), tomando-se como referência para pouso somente a relação de aspecto da pista, percebida pelos pilotos.

Para o caso em tela, é possível considerar a presença da primeira questão de Funk et al. (1999, p.44), uma vez que a tripulação tornou-se complacente e deixou de verificar as informações disponibilizadas ao piloto, ainda que externamente (VASIS), e somado a isso, o fato de que o copiloto que se encontrava monitorando a cabine do avião deixou de “olhar para fora” em uma aproximação visual, ou seja:

A demanda de atenção da interação piloto-automação pode interferir de maneira significativa na execução de tarefas críticas para a segurança de voo, provocando efeitos como distrações, “cabeça baixa” (pilotos inserindo dados nos FMS – *Flight Management System*), etc. (tradução nossa).

3.2 PRTKB (ATR 42) – COM PESSOAL EM VOO (RF 582/CENIPA/2014, OCORRIDO EM 06 JAN 2012)

Nível 2 de automação.

Durante a realização de uma Chegada de Aproximação Padrão por Instrumentos (STAR) para o aeródromo de Congonhas, um dos pilotos inseriu a altitude incorreta no diretor de voo, estando a aeronave sob controle do piloto automático. O avião ultrapassou a altitude mínima da carta, fato não percebido pelos pilotos. Em função disso, o avião aproximou-se verticalmente de outra aeronave que voava em sentido contrário e nível mais baixo, gerando alarmes de colisão em voo pelos sistemas aeroembarcados (*Traffic Collision Avoidance System* - TCAS). Como resposta a esses alarmes, o piloto realizou uma manobra evasiva, durante a qual uma passageira teve ferimentos graves.

Embora não deixe de ser caracterizada como uma falha do piloto, classificada pelo CENIPA como “desvio de navegação” (código A 3.52 MCA 3-6, 2017), percebe-se uma aproximação com a terceira questão de Funk et al. (1999, p.45), uma vez que os pilotos demonstraram baixa consciência situacional, ratificada pela dificuldade de monitorar a ação da aeronave, permitindo que a mesma ultrapassasse a altura mínima, sem esboçar nenhuma reação: “[...] os pilotos podem tornar-se complacentes em função do excesso de confiança na automação e falharem em exercer apropriada vigilância (gerenciamento) [...]” (tradução nossa).

Para o caso em tela, faz sentido considerar também a ação da quarta questão de Funk et al. (1999, p.45), uma vez que o piloto não visualizou o que se passava no momento, ou seja:

O comportamento dos sistemas automatizados, ou seja, o que eles estão fazendo no momento e o que farão no futuro, com base nos *inputs* dos pilotos e outros fatores, **pode não ser claro para os pilotos**, possivelmente

resultando em redução da consciência destes sobre a ação e objetivos da automação (tradução e grifo nossos).

Cabe ressaltar que, embora não percebido pelos pilotos, o comportamento da aeronave foi exatamente aquele selecionado pela tripulação por meio do diretor de voo.

3.3 ECGLE (A 340) - FENÔMENOS METEOROLÓGICOS (RF 009/CENIPA/2013, OCORRIDO EM 07 FEV 2012)

Nível 9 de automação.

Durante o procedimento de descida para pouso no aeroporto do Rio de Janeiro, a tripulação de voo recebeu orientação do órgão de controle para voar na direção de um fixo de navegação que se localizava fora do procedimento de chegada padrão que estavam realizando. Os pilotos se voltaram para o interior da nave, focando-se no equipamento FMS (*Flight Management System*), a fim de inserir a posição informada.

Ao retornarem a atenção para fora do avião, perceberam que passariam no topo de uma formação pesada e ligaram o aviso de “atar cintos”. Contudo, 15 segundos após, a aeronave enfrentou turbulência severa, a qual culminou com sete lesões leves nos passageiros e uma lesão grave em uma tripulante, os quais não conseguiram colocar os cintos de segurança em tempo hábil.

O investigador encarregado classificou como “condições meteorológicas adversas” (código A 3.50, MCA 3-6, 2017) entendendo este como fator contribuinte para a ocorrência, contudo também destacou como fato a colaboração do desvio de atenção dos pilotos, os quais se focaram no interior da aeronave, deixando (mesmo que momentaneamente) de manter a adequada vigilância do espaço exterior: “[...] o comandante e o copiloto desviaram a atenção para dentro da cabine no momento de inserir o fixo TOKIM no FMS [...]” (BRASIL, 2012). Essa situação vai ao encontro da primeira questão de Funk et al. (1999, p.44), a qual diz que:

A demanda de atenção da interação piloto-automatização pode interferir de maneira significativa com a execução de tarefas críticas para a segurança de voo, **provocando efeitos como distrações, “cabeça baixa” (pilotos inserindo dados nos FMS – *Flight Management System*), etc.** (tradução e grifo nossos).

3.4 PTMVL (A330-203) - FENÔMENOS METEOROLÓGICOS (RF A-158/CENIPA/2013, OCORRIDO EM 02 SET 2013)

Nível 9 de automação.

A aeronave realizava a rota Madrid/Espanha – São Paulo. Durante a fase de cruzeiro, a aeronave ingressou em uma área de turbulência severa.

De acordo com os relatos do comandante e do copiloto, segundos antes da turbulência, não havia nenhuma indicação de mau tempo à frente, baseando-se tanto nas apresentações da tela do radar quanto no contato visual mantido com as estrelas, que indicava a ausência de nuvens.

Esse fato está provavelmente relacionado com o emprego do radar meteorológico a bordo da aeronave. Nesse sentido, deve-se salientar que tanto o fabricante quanto a companhia aérea ressaltavam que, para monitoramento eficiente do radar meteorológico, a tripulação deveria utilizar o TILT (tecla de ajuste do ângulo de inclinação da antena) do radar de forma correta e efetiva.

O fabricante indicava que a manutenção de um adequado ajuste do radar estava associada a um TILT negativo. Para tanto, recomendava um TILT de 3,5 graus para baixo para um alcance de oitenta milhas náuticas.

Considerando que, de acordo com o gravador de dados de voo, o ajuste dos dois painéis (PF⁴ e PNF⁵) estava em oitenta milhas náuticas e que o TILT selecionado era de um grau para baixo, pôde-se inferir que essa configuração do radar de bordo não permitiu a detecção da nuvem.

Neste contexto, um TILT inadequado no radar poderia conduzir a uma varredura somente na posição superior da nuvem (onde se concentram predominantemente cristais de gelo), o que poderia levar a um escaneamento da parte menos reflexiva da célula de mau tempo, fazendo com que ela fosse subestimada ou não detectada.

Para o caso em tela, uma vez mais verificamos a aplicação da terceira questão de Funk et al. (1999, p.45), uma vez que a tripulação se tornou complacente e deixou de verificar os parâmetros ajustados no radar meteorológico, ou seja:

Os pilotos podem tornar-se complacentes em função do excesso de confiança na automação e falharem em exercer apropriada vigilância (gerenciamento) do sistema, chegando, em alguns casos, a abdicar dessa responsabilidade passando-a a automação (tradução nossa).

⁴ PF – *Pilot flying* – piloto no comando da aeronave

⁵ PNF – *Pilot not flying* – piloto que embora esteja na cabine de pilotagem não está no comando da aeronave.

3.5 PRGOR (B737-76N-203) – MANOBRA ABRUPTA (RF A-163/CENIPA/2014, OCORRIDO EM 25 SET 2014)

Nível 8 de automação.

A aeronave decolou de Uberlândia, MG, com destino a Confins, MG.

Durante a descida ocorreu uma mudança na atitude da aeronave (com aumento da razão de descida) e uma aceleração inadvertida. A velocidade indicada (IAS) aproximou-se da velocidade máxima de operação (VMO).

Para evitar a ocorrência de uma sobre velocidade, o piloto atuou nos comandos da aeronave. Essa ação provocou variações na aceleração vertical da aeronave e a lesão de duas comissárias de bordo, que se encontravam de pé na área de preparação do serviço de refeições a bordo.

O manual da aeronave recomendava que nos casos em que o sistema não conseguisse efetuar a recuperação de forma automática, dever-se-ia desacoplar o piloto automático e atuar nos comandos manualmente, de forma suave.

No entanto, conforme visto anteriormente, a aplicação abrupta nos comandos mostrou-se inadequada, provocando o desacoplamento do piloto automático e submetendo a aeronave a uma variação na aceleração vertical, o que contribuiu para os ferimentos provocados nos tripulantes. Essa falha pode estar associada ao baixo nível de atenção na cabine, no qual os parâmetros de voo não sofreram o devido acompanhamento por parte dos pilotos.

Embora não deixe de ser caracterizada como uma falha do piloto, classificada pelo CENIPA como “desvio de navegação” (código A 3.52 MCA 3-6, 2017), percebe-se uma aproximação com a terceira questão de Funk et al. (1999, p.45), uma vez que os pilotos demonstraram baixa consciência situacional, ratificada pela dificuldade de monitorar a ação da aeronave, permitindo que a mesma ultrapassasse o limite da velocidade.

Os pilotos podem tornar-se complacentes em função do excesso de confiança na automação e falharem em exercer apropriada vigilância (gerenciamento) do sistema, chegando, em alguns casos, a abdicar dessa responsabilidade passando-a a automação. (tradução nossa).

3.6 PTMXA (A321-231) – OUTROS (RF A-132/CENIPA/2018, OCORRIDO EM 06 AGO 2018)

Nível 9 de automação.

A aeronave decolou de Brasília, DF, com destino a Fortaleza, CE. Durante a descida, foi realizada uma manobra em voo manual para redução de velocidade, gerando fator de carga positiva de aproximadamente 1,6G (um vírgula seis vezes a força da gravidade).

A descida estava sendo realizada e ao cruzar dezoito mil pés, o copiloto selecionou a velocidade para trezentos e quarenta nós. A aeronave buscou capturar a velocidade e, ao passar por quinze mil pés, ultrapassou a velocidade selecionada.

Antes do piloto automático iniciar uma ação para corrigir a velocidade, os pilotos atuaram, simultaneamente, nos *sidesticks*⁶, ocasionando uma resultante de carga de 1,6G. Observou-se que o piloto em comando não anunciou que tinha os controles da aeronave. Em virtude disso, verifica-se que houve a inobservância do procedimento previsto, pois o manual de operações estabelecia que somente um piloto devesse atuar nos comandos de cada vez.

Destaca-se também que no presente caso o gerenciamento das informações demonstrou-se falho, uma vez que os sistemas de informação e alerta de voo encontravam-se operantes e disponíveis para a tripulação.

Embora não deixe de ser caracterizada como uma falha do piloto, classificada pelo CENIPA como “desvio de navegação” (código A 3.52 MCA 3-6, 2017), percebe-se uma aproximação com a terceira questão de Funk, uma vez que os pilotos demonstraram baixa consciência situacional, ratificada pela dificuldade de monitorar a ação da aeronave, permitindo que a mesma ultrapassasse o limite da velocidade: “[...] os pilotos podem tornar-se complacentes em função do excesso de confiança na automação e falharem em exercer apropriada vigilância (gerenciamento) [...]” (FUNK et al., 1999, p.45). (tradução do autor).

Para o caso em tela, novamente faz sentido considerar, também, a ação da quarta questão de Funk et al. (1999, p.45), uma vez que o piloto não visualizou o que se passava no momento, ou seja:

O **comportamento dos sistemas automatizados**, ou seja, o que eles estão fazendo no momento e o que farão no futuro, com base nos *inputs* dos pilotos e outros fatores, pode não ser claro para os pilotos, possivelmente resultando em **redução da consciência** destes sobre a ação e objetivos da automação (tradução e grifo nossos).

Alguns estudos realizados pela *Flight Safety Foundation* (2014) verificaram que a reversão parcial ou completa das operações de voo de automatizadas para manuais, em virtude de uma necessidade de solução de conflitos, pode ser bastante problemática para a operação, inserindo no contexto decisório outro *input*, o conflito homem-*software* pelo comando da aeronave, ao invés da relação projetada de cooperação.

⁶ Sistema de controle de voo semelhante à um joystick de computador, substitui o manche. Utilizado inicialmente na aviação militar, o *sidestick* foi introduzido em operação civil pela Airbus em sua aeronave A320. Fonte: <https://www.cavok.com.br/informacao/glossario>, acesso em 21 set 2020.

Por fim, percebe-se que, apesar de passados cerca de dez anos da pesquisa realizada por Funk et al. (1999), a análise dos acidentes ocorridos com a aviação regular brasileira entre 2010 e 2020 revelou que os treinamentos aplicados aos tripulantes apresentam vulnerabilidades no sentido de compreensão da automação.

As preocupações dos pesquisadores já mencionados, como Mica R. Endsley (2011), Earl Wiener (1989), Charles E. Billings (1997), dentre outros, mantêm-se atuais, devendo ser levadas em consideração pelos fabricantes e operadores de aeronaves. Assim, apesar do incremento da automatização, a relação desta com os pilotos continua gerando situações que, por vezes, ultrapassam as barreiras da segurança de voo, provocando acidentes aeronáuticos.

4. TRABALHANDO COM A AUTOMAÇÃO DE FORMA SEGURA

Sintetizando os conhecimentos extraídos nos capítulos anteriores, uma pergunta se faz mister neste momento: como então resolver os problemas indesejáveis advindos com a automação? Decretamos o fim dos sistemas autônomos de controles e auxílios à condução do voo?

Evidentemente que não poderíamos imaginar um retorno às operações correlatas à época do 14-Bis, haja vista que a evolução dos sistemas embarcados também auxiliou muito a redução das ocorrências aeronáuticas, possibilitando o aumento da malha aérea e diminuindo distâncias.

Como todo grande progresso, temos vantagens e desvantagens e na aviação não poderia ser diferente. Passamos então a apresentar ferramentas que poderão mitigar e melhorar substancialmente a interação com a automação.

Segundo Bauer (2010), a memória é estruturada com base na vivência, no treinamento e no estudo, dentre outros fatores. O conhecimento adquirido permanece na memória durante um intervalo de tempo que pode durar ou não. Isso depende da frequência pela qual a memória é trabalhada. Se não houver frequência ou esta for muito baixa, a memória sofre uma degradação e o conhecimento absorvido pode ser esquecido total ou parcialmente.

Desta forma, os treinamentos em simuladores devem ser frequentes, planejados e estruturados para massificação das falhas mais comuns, evitando assim possíveis lapsos ou erros de compreensão da emergência.

A melhoria na qualificação do piloto é uma demanda do crescente processo de automação das aeronaves que inaugurou um novo paradigma na relação homem-máquina e no conceito de voar (RONDON; CAPANEMA; FONTES, 2014). Dados estatísticos demonstrados pela Boeing Co. registraram que 62% dos acidentes aéreos de aeronaves de

grande porte são causados por erro humano. Nesses acontecimentos existem muitos fatores contribuintes, dentre os quais se destaca a operação indevida do equipamento por falta de conhecimento necessário das novas tecnologias (BILLINGS; REYNARD, 1984).

Para Parasuraman et al (2000) e Rodeguero (2013), os treinamentos são a chave da melhoria e aperfeiçoamento da interação homem-*software*. Nesse contexto, as seguintes medidas são sugeridas visando à mitigação dos efeitos indesejados da automação:

1. A capacitação dos tripulantes deve ultrapassar os limites da simples percepção das informações, devendo prover o conhecimento da lógica dos sistemas e suas interações;
2. Como bem sabido, a frequência dos treinamentos em simuladores deve ser ponto crucial na preparação das tripulações;
3. Massificação da necessidade de gerenciamento das informações apresentadas, deixando de possuir uma postura passiva e servil aos sistemas;
4. Aplicação CRM (*Crew Resource Management*⁷);
5. Aprimoramento da comunicação e treinamento em CRM baseado em evidências, possibilitando que as tripulações e todos os envolvidos nas operações, de forma integrada e harmônica, gerenciem os riscos e ameaças TEM (*Threat and Error Management*⁸);
6. Treinamento e campanha para gerenciamento de estresse em incidentes críticos.

Nesse mesmo sentido a ICAO⁹ (2006, p.42) assim se posiciona:

A instrução baseada em cenários possui as seguintes vantagens que proporciona: a) avaliação com critérios de referência mais fáceis e confiáveis; b) controle mais eficaz das condutas demonstradas mediante a seleção de ocorrências e condições diante das quais o aluno deve atuar e c) um processo de design estruturado para integrar a instrução e os exames tanto das competências CRM e TEM como das competências técnicas nas fases de voo. (tradução nossa).

⁷ Gerenciamento dos recursos da tripulação.

⁸ Gestão de Ameaças e Erros.

⁹ *International Civil Aviation Organization*. Agência especializada das Nações Unidas que tem por objetivo o desenvolvimento de princípios e técnicas de navegação aérea internacional e a organização e o progresso dos transportes aéreos, de modo a favorecer a segurança, a eficiência, a economia e o desenvolvimento dos serviços aéreos. A Organização foi idealizada consoante decisão da Convenção de Aviação Civil Internacional (Chicago, 1944).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou verificar de que forma os tripulantes devem interagir com a automação, propiciando o incremento da segurança das operações.

Inicialmente se julgou necessário o correto entendimento dos termos “consciência situacional” e “automação” para, com base nestes, passar à próxima etapa e efetuar a revisão dos relatórios finais emitidos pelo CENIPA, relativos à aviação regular brasileira, no período de 2010 a 2020.

Durante a análise dos relatórios finais foram aplicadas as quatro principais questões sobre a manifestação da automação nas ações dentro da cabine de pilotagem enumeradas pelo professor Phd Ken Funk, da Universidade de Oregon, Estados Unidos.

Desta correlação entre os relatórios e as questões enumeradas pelo professor, verificou-se a existência de falhas nos treinamentos dos tripulantes levando a dificuldade de compreensão das ações executadas pelos sistemas automatizados.

Nesse sentido, evidenciou-se que muito embora a aviação tenha se desenvolvido e incorporado novos sistemas, mais precisos e complexos, a redução das ocorrências aeronáuticas poderia ter sido ainda maior se não fossem as deficiências encontradas.

De maneira sucinta, verificamos que três das quatro questões sobre a automação levantadas por Funk et al. (1999) estiveram presentes em seis dos dez acidentes investigados, com destaque para a terceira questão, com quatro ocorrências. Isso talvez possa revelar que é preciso dedicar especial atenção às tripulações de cabine, que se apresentam como os grandes responsáveis pelo gerenciamento da automação, não permitindo que estes assumam posturas passivas ou com excesso de confiança nos sistemas, pois esse tipo de atitude pode acarretar na perda de consciência situacional e de proficiência na condução dos voos.

Durante a realização do estudo, houve a necessidade do descarte de alguns fatores contribuintes que foram classificados pelo investigador como “indeterminados”. Nesse caso, embora tenham sido possíveis, não foram confirmados e, portanto, foram descartados. Fato este que pode ser caracterizado como fator limitador da pesquisa.

Outra limitação encontrada foi referente a inexistência, no banco de dados brasileiro, da taxonomia intitulada “interação com a automação”. Como solução a esse possível problema, foi necessário aplicar uma análise pormenorizada das informações descritas nos respectivos relatórios finais e nas entrevistas com as equipes de investigação, de forma a obter dados que levassem a confirmação da influência do gerenciamento da automação na ocorrência e, por conseguinte, esta informação teve certo grau de subjetividade do autor.

Considerando a importância do emprego eficaz das aeronaves, entender a necessidade de melhorias nos treinamentos aplicados aos tripulantes militares, através dos ensinamentos obtidos nas ocorrências com as aeronaves civis, permite que os investimentos aplicados no setor de defesa não sejam desperdiçados.

Importante salientar que, mesmo após decorridos mais de vinte anos dos primeiros estudos sobre automação na aviação, pouco ou nada foi alterado em termos de treinamentos e preparação dos pilotos para a nova forma de voar e gerenciar equipamentos embarcados.

A mitigação dos problemas advindos com a automação deve abranger, de forma ampla e completa, treinamento de CRM, simuladores e capacitação técnica, possibilitando assim a mitigação dos efeitos indesejáveis da incorporação dos sistemas de automação nas aeronaves modernas.

No contexto das forças armadas, identificar os problemas advindos da aviação regular e estar preparado para a entrada na era das aeronaves modernas serve como uma importante ferramenta de prevenção e de manutenção do poder operacional do País, servindo de base para desenvolvimento e melhoria dos programas de treinamento e capacitação de tripulação de combate.

É, pois, necessário, manter e ampliar a capacidade de defesa do Estado Brasileiro com o emprego de aeronaves automatizadas, as quais requisitam uma interação eficiente entre homem e *software*.

Restando estabelecido que as falhas podem ter impactos para a Segurança, o Desenvolvimento e a Defesa Nacional, reafirma-se aqui a necessidade de um trabalho mais abrangente na formação e treinamento dos tripulantes integrantes das FFAA.

Reveste-se, portanto, que é fundamental, propiciar aos tripulantes das modernas aeronaves adquiridas pelas FFAA brasileiras, treinamentos adequados que possibilitem a elevação dos níveis da consciência situacional no emprego destas como plataforma d'armas.

Nesse sentido, sugere-se a realização de pesquisas similares com a aviação militar, com o fito de se investigar quais as transformações necessárias para a progressão operacional de pilotos e tripulantes de aeronaves de concepção antiga para as modernas aeronaves que estão sendo adquiridas pelo Estado Brasileiro, como o caça F-39 Gripen, Helicópteros EC-225 e o cargueiro KC-390.

REFERÊNCIAS

ABREU, Gustavo de Souza. **Amazônia, o enigma da segurança**. Curitiba: Editora Prismas, 2018.

AUTOMAÇÃO. In: Dicionário Aurélio *on line*. Porto, 2020. Disponível em: <<https://dicionariodoaurelio.com/automacao>>. Acesso em: 24 ago. 2020.

BAUER, Rosana Conceição; WEINER, Ricardo. **Estratégias Cognitivas Aplicadas à Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. 2010**. Disponível em: <http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/71/92>. Acesso em: 24 ago. 2020.

BILLING S, C. E.; REYNA RD, W. D. **Human factors in aircraft incidents: results of a 7-year study**. Aviation, Space, and Environmental Medicine, n. 55, p. 960-965, Oct. 1984.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria COMAER nº 1.846/GC3, de 7 de dezembro de 2017. Aprova a reedição da NSCA 3-13 que dispõe sobre os Protocolos de Investigação de Ocorrências Aeronáuticas da Aviação Civil conduzidas pelo Estado Brasileiro. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 213, p. 14396, 12 dez. 2017.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Portaria CENIPA nº 14-T/DOP-AEST, de 16 de agosto de 2020. Aprova a reedição do FCA 58-1, que orienta sobre o Panorama Estatístico de Aviação Civil Brasileira. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 184, p. 9.678, 04 set. 2020.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Sumário estatístico - Aviões**, Brasília-DF, 2018. Disponível em: http://sistema.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/arquivos/avioes_sumario_estatistico.pdf. Acesso em 24 ago. 2020.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Relatório Final de Acidente Aeronáutico**, Brasília-DF, 2013. Disponível em: <http://sistema.cenipa.aer.mil.br>. Acesso em 24 ago. 2020.

CAMPOS, Antônio Carlos Vieira de. **Conhecimento Geral das Aeronaves: Asas Fixas**. Palhoça: Unisul Virtual, 2011.

ENDSLEY, M. R. **Designing for situation awareness an approach to user-centered design**. In: Parasuraman, R.; Mouloua, M. *Automation and human performance: Theory and applications*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2011.

EUROFIGHTER **The Human Factors**. (2016). Disponível em: <https://www.eurofighter.com/news-and-events/2016/08/the-human-factor>. Acesso em: 24 ago. 2020.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Advisory Circular nº 23 .1309-1E. 17 nov. 2011, p.23**. Disponível em: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC%2023.1309-1E.pdf. Acesso em 24 ago. 2020.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Human Factor Team. **The interfaces between flight crews and modern flight deck systems**. Washington, DC, 1996.

FONTES, Rejane De Souza. **Journal of Aeronautical Sciences**, [S.L], v. 5, n. 2, p. 50-60,dez./dez. 2014. Disponível em:
<<http://revistaseletronicas.pucrs/ojs/index.php/aviation>>. Acesso em: 24 ago. 2020.

FUNK, K., LYALL, B., RILEY, V. **Perceived Human Factors Problems of Flight Deck Automation**. Corvallis: Oregon State University, Department of Industrial and Manufacturing Engineering, 1995.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION – ICAO. Convenção de Aviação Civil Internacional. **Doc 9868 – Procedures of Air Navigation Services – Training PANS-TRG**. First Edition, 2006.

LEMOS, Valmir. **História da aviação**. Palhoça: Unisul Virtual, 2012.

PARASURAMAN, Raja; MOULOUA, Mustapha. **Automation and Human Performance: Theory and Applications**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2000.

REASON, J. Human error: models and management. *BMJ*, 320, p. 768-770, 2000.

RODEGUERO, Miguel, Angelo; BRANCO, Humberto. **Gerenciando o risco na aviação geral**. São Paulo: Editora Bianch, 2013.

RONDON, M. H. D. de F.; CAPANEMA, C. F.; FONTES, R. S. de. **A interação homem-máquina nas aeronaves tecnologicamente avançadas**. *Aviation in Focus*, v. 5, n. 2, jul./dez. 2014.

SARTER, N.B., WOODS, D.D., BILLINGS, C.E. **Automation Surprises. Handbook of Human Factors & Ergonomics**, 2 ed., 1997 Automation Surprise. Cognitive Systems Engineering Laboratory of The Ohio State University. **Handbook of Human Factors & Ergonomics**, second edition, G. Salvendy (Ed.), Wiley, 1997.

WIENER, E.L. **Human factors of advanced technology ("glass cockpit") transport aircraft**. (NASA Contractor Report No. 177528). Moffett Field, CA: NASA - Ames Research Center, 1989.