



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

JERÔNIMO BORBA GOMES

SEGURANÇA DE VOO: TECNOLOGIA NA OPERAÇÃO DA AVIAÇÃO CIVIL

Palhoça

2019

JERÔNIMO BORBA GOMES

SEGURANÇA DE VOO: TECNOLOGIA NA OPERAÇÃO DA AVIAÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de graduação em Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas.

Orientador: Profa. Conceição Aparecida Kindermann, Dra.

Palhoça

2019

JERÔNIMO BORBA GOMES

SEGURANÇA DE VOO: TECNOLOGIA NA OPERAÇÃO DA AVIAÇÃO CIVIL

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Ciências Aeronáuticas da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 11 de junho de 2019.

Professora orientadora: Profa. Conceição Aparecida Kindermann, Dra.

Universidade do Sul de Santa Catarina

Professor Cleo Marcus Garcia, MSc.

Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por me dar forças para chegar até aqui, a minha esposa e minha família, que são o alicerce da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus, por todas as oprotunidades e graças alcançadas. À minha família, pelo apoio durante essa jornada e por ser a base da minha educação.

À minha esposa Kamila, por compreender a minha ausência e também fornecer todo o suporte durante minha graduação.

À minha orientadora, Profa. Dra. Conceição Aparecida Kindermann e ao Professor MSc. Cleo Marcus Garcia, o mais sincero agradecimento.

Agradeço ainda, a todos os professores e as demais pessoas que de alguma maneira influenciaram na minha formação.

“Uma vez que você tenha experimentado voar, você andará pela terra com seus olhos voltados para céu, pois lá você esteve e para lá você desejará voltar”.

Leonardo da Vinci

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi compreender como o avanço tecnológico influencia na segurança operacional. Caracteriza-se como uma pesquisa descritiva com procedimento bibliográfico e documental com abordagem qualitativa. Foram utilizados autores como Woodford (2018), Abreu Júnior (2008), Billings (1997) entre outros. Também foram pesquisados órgãos reguladores como ANAC, NTSB, ARAIC e CENIPA. A partir da análise dos dados, foi possível perceber o quanto a aviação civil cresceu em termos de tecnologia, principalmente com a implantação de sistemas operacionais nos voos e também dentro das empresas, no setor de treinamento. Pode-se afirmar que o avanço tecnológico, assim como os modernos equipamentos introduzidos a bordo das aeronaves e o programa SGSO são fundamentais para segurança operacional de voo.

Palavras-chave: Tecnologia na Aviação. Automação. Acidente e Incidente. Segurança de Voo.

ABSTRACT

The objective of this work was to understand how technological advances influence in operational safety. It is characterized as a descriptive research with a bibliographic and documentary procedure with a qualitative approach. Authors such as Woodford (2018), Abreu Júnior (2008), Billings (1997) and others were used. Regulatory bodies such as ANAC, NTSB, ARAIC and CENIPA were also searched. From the analysis of the data, it was possible to perceive how civil aviation grew in terms of technology, mainly with the implementation of operating systems on flights and also inside of the companies, in the training sector. It can be affirmed that the technological advance, as well as the modern equipment introduced on board of the aircrafts and the SGSO program are fundamental for operational flight safety.

Keywords: Technology in Aviation. Automation. Accident. Incident. Flight safety.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Cabine de comando DC-3	18
Figura 2 - Cabine de comando do A350.....	18
Figura 3 - Cabine A321	20
Figura 4- Sistema Fly by Wire (FBW)	21
Figura 5 - Laurence Sperry na demonstração em Paris 1914	22
Figura 6 - Traffic Collision Avoidance System (TCAS).....	23
Figura 7 - Traffic Collision Avoidance System II (TCAS).....	24
<i>Figura 10 - Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional</i>	<i>28</i>
Figura 11 - Histórico de Acidentes da Aviação Civil Brasileira.....	28
Figura 8- Geometria da colisão entre o Legacy-600 N600XL e o 737-800 PTR-GTD	32
Figura 9 – Montagem aproximada do incidente JAL 907 E JAL 958	33

LISTA DE SIGLAS

ACP	Aircraft Control Panel
ARAIC	Aircraft and Railway Accidents Investigation Commission
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes
E/WD	Engine Warning Display
FAA	Federal Aviation Organization
FL	Flight Level
FMS	Flight Management System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GPWS	Global Positioning Warning System
ICAO	International Civil Aviation Organization
LCD	Liquid Cristal Display
NASA	National Aeronautics and Space Administration
ND	Navigation Display
NDB	Non Direction Beacon
NTSB	National Transportation Safety Board
PBN	Performance Based Navigation
PFD	Primary Flight Display
RA	Resolution Advisory
SD	System Display
TA	Traffic Advisory
TCAS	Traffic Collision Avoidance System
UTC	Universal Time Coordinated

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMAS DE PESQUISA.....	13
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 JUSTIFICATIVA	13
1.4 METODOLOGIA.....	14
1.4.1 Natureza da pesquisa e tipo de pesquisa	14
1.4.2 Materiais e métodos	14
1.4.3 Procedimentos de coleta de dados.....	15
1.4.4 Procedimentos de análise dos dados	15
2 TECNOLOGIA E AVIAÇÃO.....	17
2.1 EVOLUÇÃO DA AUTOMAÇÃO NA AVIAÇÃO	17
2.2 GLASS COCKPIT	18
2.3 SISTEMAS <i>FLY BY WIRE</i>	20
2.4 FUNCIONAMENTOS DO PILOTO AUTOMÁTICO	21
2.5 A IMPORTÂNCIA DO TCAS.....	22
2.6 GPS E GNSS	24
2.7 ASPECTOS NEGATIVOS E POSITIVOS RELACIONADOS À AUTOMAÇÃO.....	25
3 SEGURANÇA OPERACIONAL.....	27
4 ESTUDOS DE CASO.....	30
4.1 VOO GOL 1907	30
4.2 INCIDENTE DO VOO JAL 907 E JAL 958	32
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios há registros da vontade que o homem tinha de voar, mas foi em 1906 que Alberto Santos Dumont, considerado o pai da aviação, utilizou-se da tecnologia disponível em sua época para realizar o primeiro voo registrado publicamente, em Paris, com o 14-Bis, evento no qual a aeronave percorreu uma distância de 221 metros, algo inusitado para a época, pois, seu invento não possuía auxílios externos. (LEMOS, 2012).

Já no ano seguinte, Santos Dumont produziu o Demoiselle, extraordinário aparelho para a época, que alcançava 95km/h, e com este equipamento voou em Paris, até em encerrar sua carreira como piloto no ano de 2010. No entanto, ainda há controvérsias sobre quem realmente ganha os créditos do primeiro voo, haja vista, que, em alguns países, os irmãos Wright são considerados os primeiros a conseguirem voar em uma máquina mais pesada que o ar. Porém, seu invento era impulsionado por uma catapulta como auxílio para alcançar o voo, já o 14 Bis voava por meios próprios. (LEMOS 2012).

Com o início da Primeira Guerra Mundial, percebeu-se a imensa utilidade que as aeronaves teriam para os combates. Iniciou-se, então, uma incessante busca pelo aprimoramento destes aparelhos, melhorando seu desempenho e aerodinâmica. No final da Primeira Guerra, as aeronaves já alcançavam uma velocidade de 230 km/h, velocidade avançada para a época, visto que, o 14 Bis tinha sua velocidade limitada a 95 km/h., mas somente após a Segunda Guerra Mundial que a aviação comercial iniciou uma trajetória de evolução no transporte de passageiros e na criação de companhias aéreas, trazendo consigo a evolução na cabine de comando da aeronaves e equipamentos de voo. (LEMOS, 2012).

No decorrer desta pesquisa, é demonstrado que a chegada de novas tecnologias à aviação gerou mudanças perceptíveis, influenciando tanto de formas positiva quanto também negativamente em alguns aspectos do voo.

Principalmente, tratando-se de segurança e automação, através de equipamentos na cabine de comando mudaram o rumo da aviação comercial para um patamar elevado no que diz respeito à segurança operacional da aviação. Contudo, acidentes ainda acontecem e, com isto, surge a importância da compreensão deste assunto, que está diretamente relacionada com as causas de acidentes que serão apresentados no final desta pesquisa. Dois estudos de casos similares, porém, com desfechos diferentes, definem que a automação quando bem estudada e interpretada auxilia na segurança do voo.

1.1 PROBLEMAS DE PESQUISA

Como o avanço tecnológico influencia na segurança operacional de voo?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Compreender como o avanço tecnológico influencia na segurança operacional.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Pesquisar sobre a evolução da automação na cabine de comando dos aviões.
- b) Identificar os aspectos negativos e positivos relacionados à automação.
- c) Discorrer sobre segurança operacional.
- d) Relacionar tecnologia com segurança de voo.
- e) Analisar o caso do voo GOL 1907 e do incidente entre o voo JAL 907 e JAL958.

1.3 JUSTIFICATIVA

A tecnologia utilizada na aviação está em constante desenvolvimento, porém, nem todos os projetos são bem-sucedidos. Na presente pesquisa será abordada alguns equipamentos que foram implantados na cabine de comando das aeronaves ao longo do tempo, que resultou na diminuição de acidentes, carga de trabalho e no aumento da segurança de voo.

É válido afirmar que, compreender e analisar os fatores negativos e positivos ligados à automação pode contribuir para a prevenção e divulgação de conhecimento para futuros eventos.

Nesta pesquisa, será demonstrado um acidente ocasionado pela automação e outro que foi evitado por possuir tais equipamentos a bordo. Podemos citar alguns, como o sistema *Fly-By-Wire*, Piloto Automático, TCAS e GPS e que também serão explicados durante a pesquisa.

A segurança sempre foi um item primordial a bordo das aeronaves, e esta pesquisa tem como objetivo mostrar como a evolução tecnológica tem ajudado a alcançar os altos níveis de segurança, e como o avanço tecnológico tem ajudado na redução dos acidentes

aeronáuticos, mas também nos fazendo questionar até que ponto deve-se confiar na tecnologia.

1.4 METODOLOGIA

1.4.1 Natureza da pesquisa e tipo de pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como descritiva, com procedimentos bibliográficos e documental, com abordagem qualitativa.

Segundo Gil (1999), as pesquisas descritivas têm como finalidade principal a descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis.

As pesquisas bibliográficas de acordo com Motta *et al*, (2013, p115) “É aquela que se desenvolve tentando explicar um problema a partir das teorias publicadas em diversos tipos de fontes: livros, artigos, manuais, enciclopédias, anais, meios eletrônicos etc.”

Foram realizadas pesquisas documentais, similares às bibliográficas, pois a coleta de dados é efetuada da mesma forma. A diferença está nos documentos, que utilizam fontes primárias, que nesse caso serão extraídos de órgão governamentais, e agências reguladoras, representadas pela ANAC, FAA e CENIPA.

1.4.2 Materiais e métodos

Os materiais analisados foram:

Livros:

História da Aviação, por Valmir Lemos, 2012;

Como Elaborar Projetos de Pesquisa, por Antônio Carlos Gil, 2002;

Métodos e técnicas de pesquisa social, por Antônio Carlos Gil, 1999;

Fundamentos de Metodologia Científica, por Lakatos E. M. e Marconi, M. A., (2001).

Aviation automation: The Search for a Human-Centered Approach, (BILLINGS, 1997).

Flight Crew Operational Manual, por Airbus, 2017

Documentos:

Documentos do NTSB (*National Transportation Safety Board*);

Documentos da Comissão de Investigação de Acidentes do Japão a (ARAIC);

Documentos da Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC);

Documentos do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA);

Os materiais provêm de pesquisas documentais e bibliográficas. Os dados foram extraídos de livros, artigos e sites de agências reguladoras e aviação.

1.4.3 Procedimentos de coleta de dados

Em relação ao procedimento para coleta de dados, esta pesquisa caracteriza-se como bibliográfico e documental. A pesquisa bibliográfica é considerada uma fonte de coleta de dados secundários, podendo ser definida como: contribuições culturais ou científicas realizadas no passado sobre um determinado assunto, tema ou problema que possa ser estudado. (LAKATOS; MARCONI, 2001; CERVO; BERVIAN, 2002).

Segundo Lakatos e Marconi (2001), procedimento documental é a coleta de dados em fontes primárias, como documentos escritos ou não, pertencentes a arquivos públicos; arquivos particulares de instituições e domicílios, e fontes estatísticas.

1.4.4 Procedimentos de análise dos dados

Após a coleta dos dados, foi feita análise e um resumo dos pontos mais importantes para o desenvolvimento deste trabalho, que aborda como a tecnologia contribui para a segurança da aviação e redução de acidentes, mas demonstrando também, que o mau uso da automação pode acabar em acidente.

1.4.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A pesquisa foi desenvolvida em cinco capítulos. No primeiro, apresenta-se a introdução. No segundo capítulo, trata da importância dos equipamentos instalados a bordo das aeronaves, explicando a tecnologia empregada nestes sistemas. O terceiro capítulo trata

do Sistema de Gerenciamento de Segurança operacional e sua importância para a aviação. No quarto capítulo, demonstra-se a investigação de dois estudos de caso e sua contribuição para a aviação. No quinto capítulo, estão as considerações finais, limitações da pesquisa e recomendações para trabalhos futuros.

2 TECNOLOGIA E AVIAÇÃO

Neste capítulo, será abordado sobre a evolução da automação nos aviões comerciais e entender como funciona alguns dos equipamentos mais importantes dentro da cabine de comando, assim como, qual a função destes a bordo e qual benefício trazem para a aviação comercial atualmente. Ainda, no final deste capítulo, destaco os aspectos positivos e negativos relacionados à aviação e suas influências.

2.1 EVOLUÇÃO DA AUTOMAÇÃO NA AVIAÇÃO

No início da década de 80, as cabines de comando dos aviões comerciais eram praticamente feitas de instrumentos analógicos e em alguns aviões, devido à complexidade e sobrecarga de cálculos e interpretação de instrumentos fazia-se necessário uma terceira função a bordo, além dos dois pilotos. Posição esta, que era ocupada pelo engenheiro de voo, hoje já praticamente extinta, pois, seu trabalho foi substituído por modernos computadores. (KLOTZEL, 2015).

Com a crescente sofisticação e o uso da automação melhora-se a segurança, reduzindo a carga de trabalho dos pilotos, permitindo-lhes maior capacidade e tempo para fazer julgamentos e decisões, bem como “gerenciar” melhor os sistemas e a tripulação das aeronaves.

Na figura 1, temos um modelo clássico o DC-3, a operação neste modelo de aeronave era absolutamente cansativa, devido à quantidade de equipamento para monitorar e também administrar. Instrumentos analógicos tomavam conta da cabine, contudo, os pilotos sentiam uma sensação de prazer por realmente estar o avião “voando”.

Diferente do que podemos observar na figura 2, a cabine do fantástico A350 é impressionante, o trabalho a ser desempenhado dentro desse avião é reduzido, dando lugar aos computadores que assumem a posição em diversas funções, inclusive efetuando o processo de partida nos motores e até mesmo um pouso em modo automático que é chamado de *auto-landing*, sempre quando solicitado pelos pilotos.

Figura 1 – Cabine de comando DC-3



Fonte: FLICKR (2011).

Figura 2 - Cabine de comando do A350



Fonte: AIRLINERS.NET (2014).

Estes computadores recebem toda a informação comandada, absorve e imediatamente responde através de sinais nas telas, conhecido como *glass cockpit*. Tratando-se da movimentação das superfícies de voo, temos o sistema *Fly-by-Wire* e também o famoso piloto automático, estes sistemas trabalham em conjunto para oferecer maior segurança, harmonia e proteção ao voo.

2.2 GLASS COCKPIT

Durante a década de 1970, as aeronaves comerciais eram praticamente operadas por instrumentos analógicos, porém, com o crescimento da aviação mundial e o congestionamento no tráfego aéreo, juntamente com a sobrecarga de trabalho dentro da cabine de comando, acontece uma revolução nos sistemas e equipamentos de bordo. A NASA, prevendo a evolução das aeronaves e a necessidade de melhoria na tecnologia, iniciou estudos para a introdução do *glass cockpit* na cabine de comando de seus ônibus espaciais, o que

futuramente veio a ser utilizado em aviões comerciais. Após anos de testes, em 1979, foram introduzidos na cabine do MD-80 os monitores eletrônicos, posteriormente adotados por praticamente todos os fabricantes, gerando grande sucesso nas operações e contribuindo para o transporte aéreo e segurança para os passageiros e tripulação. (NTSB, 2009. p. 4 - tradução nossa).

Mas, o que é o *Glass Cockpit*?

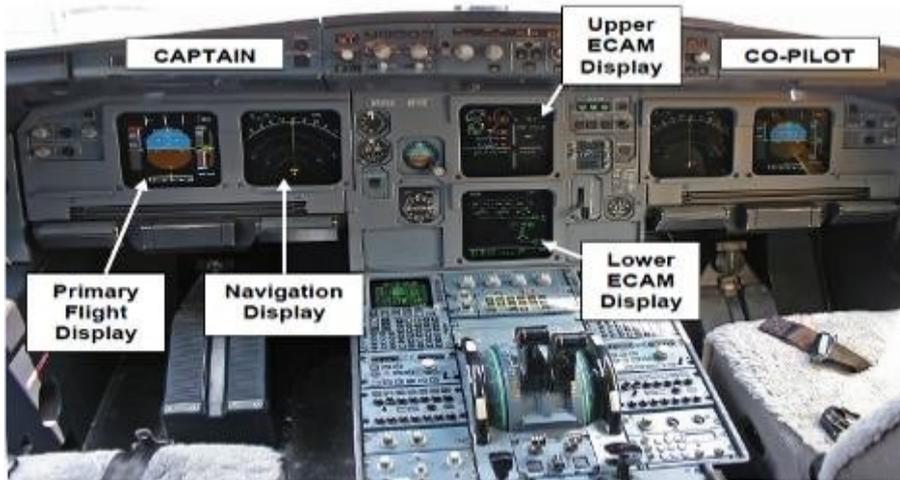
Atualmente, são telas de LCD localizadas no painel da cabine de comando, que fornecem toda a informação necessária ao piloto, não sendo necessários todos aqueles instrumentos convencionais de voo analógicos, como era antigamente. Isso faz com que se tenha informações mais claras e precisas durante o voo, e diminuindo muito a questão do serviço de reparo. Ao invés de se cuidar de muitos relógios indicadores, agora, todas as informações estão em uma tela. Quando se fizer necessário algum reparo, é só realizar a substituição da tela e não os cuidados com todos os relógios, diminuindo assim a complexidade de todas as peças de reposição. Através do *glass cockpit* é possível verificar o trajeto de navegação, assim como o tempo de voo, nível de óleo e parâmetros do motor, combustível previsto para a etapa a ser voada e também informações das condições climáticas de voo somente em 6 telas. (AIRBUS, 2017).

Duas telas do lado esquerdo para o Comandante e duas telas do lado direito para o Copiloto:

- O PFD (*Primary Flight Display*) serve para: Velocidade, Altitude, horizonte artificial, procedimentos por instrumento, dentre outros.

- O ND (*Navigation Display*) serve para: Rota, radar meteorológico, radar de terreno, procedimentos convencionais, informações de auxílios fixos base, dentre outros.

Figura 3 - Cabine A321



Fonte: Aviation Accidents (2017).

Duas telas de uso compartilhado para o Comandante e para o Copiloto chamados de ECAM:

- O E/WD (*Engine Warning Display*) ou *UPPER ECAM*: mostra todas as referências de MOTOR, sistema de monitoramento de panes, contém também *checklists* para situações anormais dos sistemas.

- O SD (*System Display Page*) ou *LOWER ECAM*: mostra todas as informações dos sistemas das aeronaves em condições normais e anormais durante o voo. (AIRBUS, 2017)

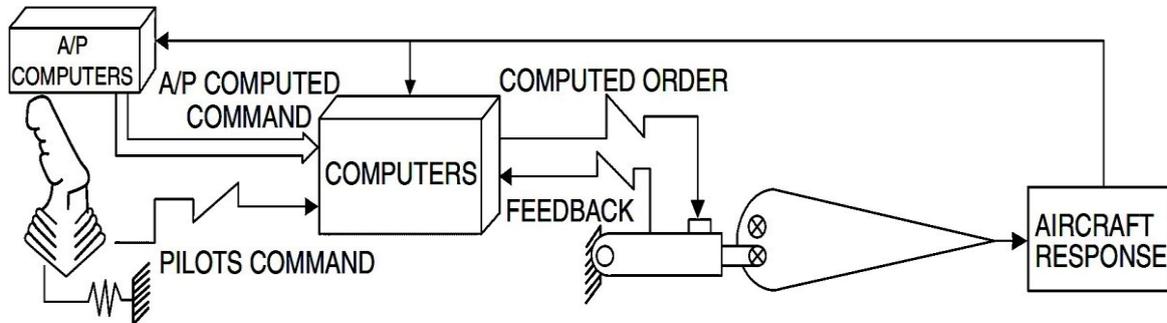
Dessa forma, o *cockpit* atual do Airbus A320 como é mostrado na figura acima, demonstra-se muito mais limpo, com todas as informações necessárias com somente seis telas ao invés de todos os relógios que tinham em aeronaves antigas. (AIRBUS, 2017).

2.3 SISTEMAS *FLY BY WIRE*

O funcionamento deste sistema é bastante simples. O piloto efetua um comando através do *sidestick*, ou pela unidade de controle de voo, quando o piloto automático está acoplado. Assim, sinais elétricos são enviados para os computadores que por sua vez leem estes sinais e os enviam para os atuadores da superfície de voo que são operadas hidráulicamente. Sendo assim, o maior objetivo desse sistema que consiste na eliminação de cabos físicos para mover as superfícies aerodinâmicas, são alcançados, fazendo uma considerável redução de peso na aeronave. Em conjunto com essa melhora, há também os sistemas que protegem o voo e mantem-se dentro do envelope aerodinâmico pré-estabelecido

pelo fabricante, sistemas esses que evitam comandos exagerados levando algum risco à aeronave. (TRAVERSE; LACAZE; SOUYRIS, 2006. p.2 - tradução nossa).

Figura 4- Sistema Fly by Wire (FBW)



Fonte: Briere (2001, p. 3).

São três os modos de operação, conforme Skybrary (2018):

- LEI NORMAL: Nesta lei, desde o momento em que os pneus saem do chão, até o momento em que ocorre o pouso, o avião está com todas suas proteções em suas respectivas fases de voo atuando normalmente, mantendo a mais alta segurança operacional que foi proposta pela fábrica.

- LEI ALTERNADA: Em decorrência de um mau funcionamento de 1 ou 2 sistemas que impactam no voo, determinadas proteções não conseguem se manterem ativas, com isso, nesse caso o piloto está ciente que tal proteção não está funcionando e terá que passar a diminuir algumas limitações básicas, como por exemplo a velocidade, que na lei alternada indica-se manter o máximo de MACH .77, pois assim estará diminuindo a chance de extrapolar a velocidade máxima do avião.

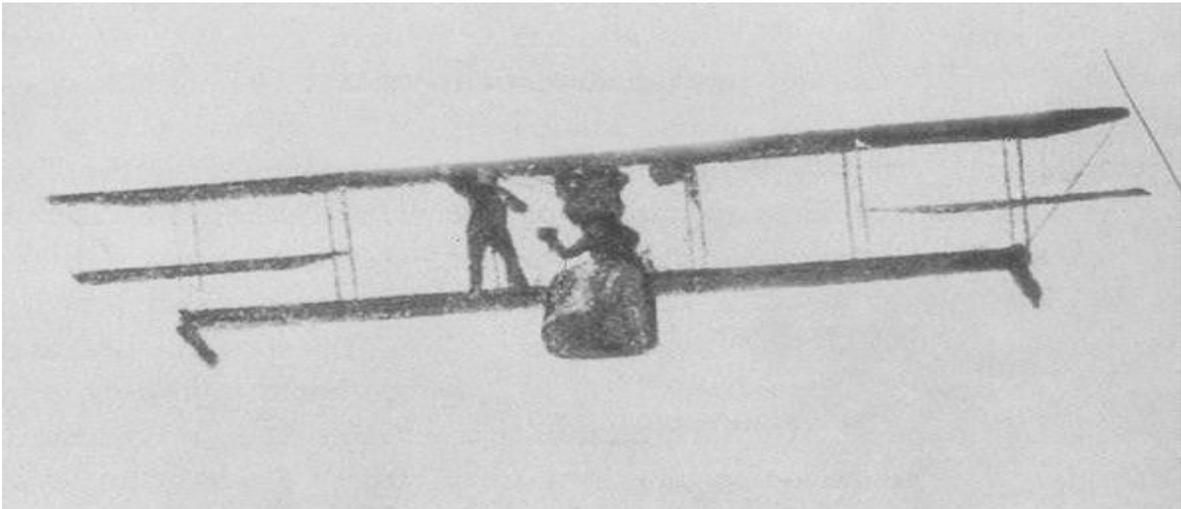
- LEI DIRETA: Esse é um caso extremo quando 2 ou mais sistemas fundamentais para o voo tornam-se inoperantes, todas as proteções deixam de estar ativas, e o voo passa a ser controlado única e diretamente pelo piloto, a ação no *sidestick* passa a ser direta nas superfícies de comando, sendo assim, os comandos via *sidestick* são muito mais sensíveis e deve-se ter um cuidado redobrado em todas as fases de voo.

2.4 FUNCIONAMENTOS DO PILOTO AUTOMÁTICO

Laurence Sperry em 1912 teve a brilhante ideia de inventar um dos artefatos mais impressionantes para a época. Considerado também um dos pioneiros da aviação, Sperry

contribuiu para segurança e eficiência dos voos com este sistema que é muito utilizado na atualidade, o Piloto Automático. Na foto, Laurence demonstra seu genioso invento em um concurso de segurança de voo realizado no ano de 1914, pilotando a aeronave Curtiss sem as mãos e com o passageiro na asa da aeronave demonstrando a eficácia de seu projeto. (HISTORIC WINGS, 2012. Tradução nossa)

Figura 5 - Laurence Sperry na demonstração em Paris 1914



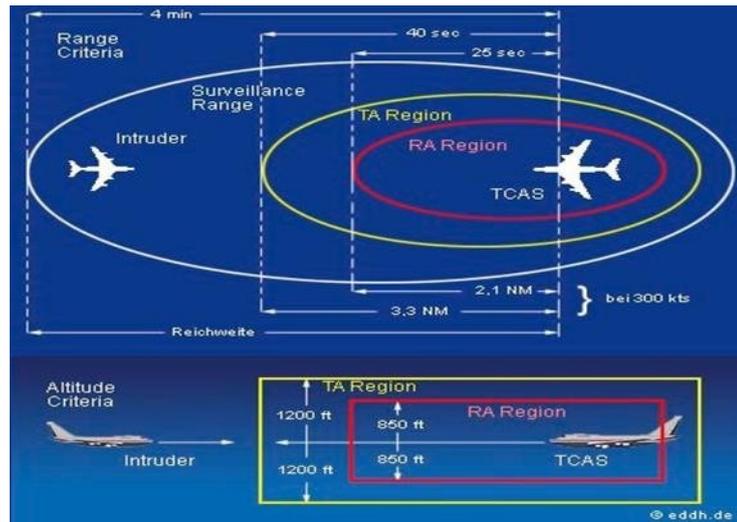
Fonte: Historic wings, 2012.

O piloto automático possui uma das mais valiosas funções a bordo das modernas aeronaves da aviação comercial. Sua função sempre foi, e ainda é manter a velocidade, altitude, proa e atitude de voo. Ainda, em conjunto com outros sistemas como o GPS e o FMS, é possível voar de um *waypoint* a outro, efetuar aproximações e pousos por instrumentos em condições de baixa visibilidade, inclusive pousos no modo automático, também conhecido por *autoland*. (HISTORIC WINGS, 2019).

2.5 A IMPORTÂNCIA DO TCAS

Durante década de 80, após inúmeros acidentes por colisão no espaço aéreo, percebeu-se a importância do desenvolvimento de um dispositivo que permitisse evitar estes acidentes e com isso, surgiu o *Traffic Alert and Collision Avoidance System* ou TCAS. Considerado um dos mais importantes instrumentos para a segurança da aviação nos dias atuais, o TCAS trabalha em conjunto com outro equipamento denominado *Transponder* e possuem basicamente dois tipos de avisos para os pilotos, a TA e o RA. (FAA, 2011).

Figura 6 - Traffic Collision Avoidance System (TCAS)



Fonte: Carvalho, 2011.

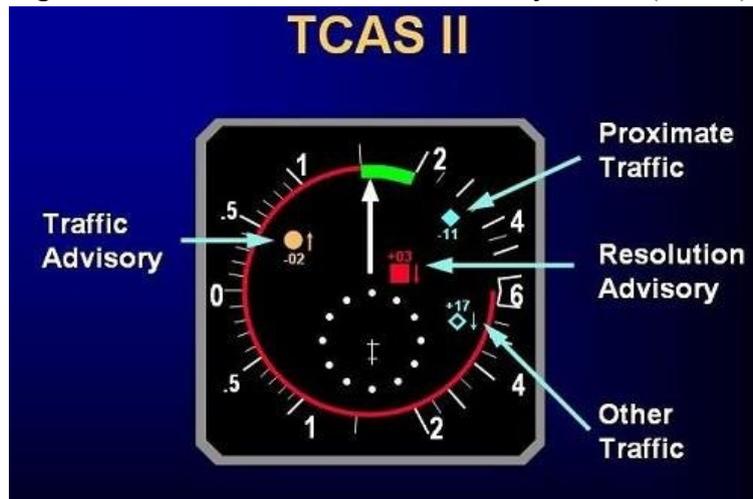
De acordo com a ilustração acima, o primeiro aviso dentro da área amarela é o TA ou simplesmente o *Traffic Advisory* (aviso de tráfego), informando que há um intruso e emitindo um sinal para a tripulação que deve posicionar-se em estado de alerta, porém, sem a necessidade de efetuar uma manobra. Já dentro da área vermelha, temos o RA ou *Resolution Advisory* (aviso de resolução) informando que o intruso é uma ameaça potencial para segurança do voo e que a manobra necessita ser efetuada imediatamente como manda o TCAS, o piloto em comando, deve seguir fielmente a instrução a fim de evitar a colisão. Na atualidade, existem o TCAS I e o TCAS II, ambos com suas particularidades e funções. Mas vale lembrar, que os dois modelos conseguem identificar as possíveis ameaças durante o voo somente se os *transponders* das duas aeronaves estiverem ligados, pois dependem um do outro para seu correto funcionamento. (FAA, 2011).

A explicação da tecnologia TCAS e seus requisitos de acordo com a National Business Aviation Association (2012):

A tecnologia de primeira geração, conhecida como TCAS I, é capaz de monitorar a situação do tráfego em torno de uma aeronave e fornecer detalhes sobre o rumo e a altitude do tráfego nas proximidades. Pode também gerar avisos de colisão, conhecidos como "*Traffic Advisory*" (TA). Quando um TA é emitido, o piloto é notificado da ameaça, mas deve determinar o procedimento de prevenção de colisão necessário.

A tecnologia de segunda geração, conhecida como TCAS II, fornece ao piloto instruções específicas sobre como evitar o conflito com o tráfego. Essas instruções são conhecidas como "*Resolution Advisory*" (RA) e podem instruir o piloto a descer, subir ou ajustar a velocidade vertical. Os sistemas TCAS II também são capazes de se comunicar uns com os outros para garantir que o RA fornecido para cada aeronave maximize a separação. (NATIONAL BUSINESS AVIATION ASSOCIATION, 2012).

Figura 7 - Traffic Collision Avoidance System II (TCAS)



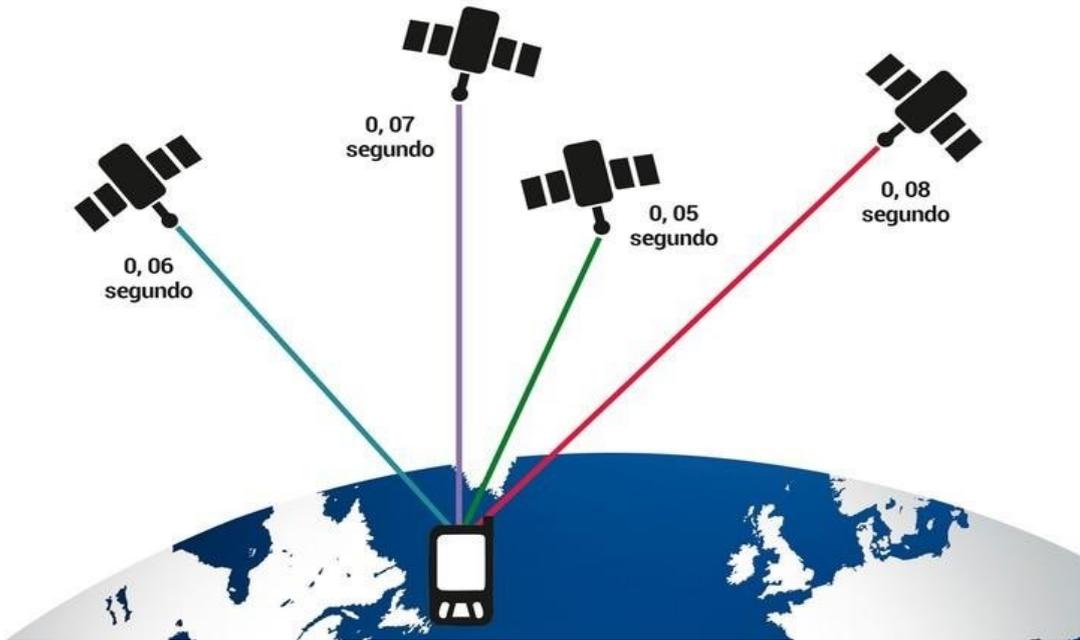
Fonte: My Aviation, 2014

Atualmente, em estudos e em fase de testes, está o TCAS III. Ainda sem previsão de lançamento, estima-se que esse modelo poderá direcionar o piloto a realizar manobras no sentido horizontal para evitar colisões, elevando o nível de segurança e a confiabilidade nestes sistemas que são primordiais para segurança da aviação. (FAA, 2011).

2.6 GPS E GNSS

Durante muito tempo, fazia-se o uso de cartas, bússola, calculadora e também o computador de voo para efetuar a navegação aérea, o que resultava na sobrecarga de trabalho para os pilotos, assim como estresse e fadiga. Na década de 80, surgiu o *Global Positioning System* ou, mais conhecido como (GPS), seu uso era exclusivo de militares americanos e russos, somente após a década de 90, foi aprovado e utilizado na aviação comercial. O sistema de localização por satélites emite sinais de localização e tempo para receptores que se situam em qualquer lugar da terra. Sua precisão na atualidade pode chegar até 30 cm, praticamente desconsiderando erros de localização. O GPS é de propriedade do governo americano e atualmente opera pela Força Aérea Americana. A Rússia também possui seu sistema de localização por satélites, o GLONASS, assim como na Europa existe o Galileo e também na China o Compass. Juntos formam o GNSS, nome adotado mundialmente pela ICAO, que espera obter mais de cem satélites em todo o mundo até 2020. (WOODFORD, 2018).

Figura 7 - Global Positioning System (GPS)



Fonte: Aeromagazine, 2014.

Conforme Barros (2014):

Vivemos um período de profusão de tecnologias de navegação por satélites. O Brasil participa ativamente dos trabalhos da ICAO nos temas que se referem ao uso do sinal do GNSS na navegação PBN (*Performance Based Navigation*). No entanto, a opção política de abandono do projeto espacial nos impossibilitou de participar como agentes de desenvolvimento do provimento do sinal. Por ironia, somos um dos países que mais consome aeronaves preparadas para a navegação GNSS. (BARROS, 2014).

O GNSS trouxe para aviação mundial uma vasta oportunidade de navegação, aproximação e proteção, incluem-se aqui rotas de voo flexíveis, podendo ser editadas, os chamados *waypoints*, economia de combustível, uma redução considerável nos atrasos de voos, reduzindo o espaçamento entre aeronaves nas aproximações e decolagens, o que seria praticamente impossível se essa tecnologia não existisse. Cabe ressaltar ainda, a grande contribuição que este sistema possui em Relação ao *Ground Proximity Warning system* (GPWS), equipamento indispensável para a segurança da aviação comercial. (WOODFORD, 2018).

2.7 ASPECTOS NEGATIVOS E POSITIVOS RELACIONADOS À AUTOMAÇÃO

Após conhecer um pouco sobre os sistemas empregados a bordo das aeronaves comerciais e a tecnologia por trás destes sistemas, faz-se necessário descobrir como todo esse avanço tecnológico influencia na segurança operacional do voo, positivo e negativamente.

Atualmente na aviação comercial, existe uma competitividade enorme no mercado mundial de aeronaves, por isso, os aviões são equipados e preparados para uma redução no custo operacional. Devido ao baixo consumo de combustível e a eficiência dos motores atuais, equipamentos leves e tecnológicos, fornecem mais autonomia e transportam um número maior de passageiros por aeronave, reduzindo o preço das passagens para o consumidor e proporcionando mais conforto. (ABREU JÚNIOR, 2008).

Na cabine de comando, extingue-se o desgaste físico que havia antigamente e hoje os pilotos preocupam-se mais com o processo de gerenciamento, beneficiam-se da tecnologia e auxílio destes sistemas, como o GPS e o Piloto automático. Contudo, apesar de todo o automatismo, desafios ainda são encontrados e estão diretamente relacionados ao (homem/máquina/meio), assunto muito desenvolvido nas práticas de CRM dentro das empresas, que buscam estimular a consciência situacional dos tripulantes, sempre tendo como foco principal a segurança de voo. (ABREU JÚNIOR, 2008).

Estudos mostram que a maioria dos acidentes e incidentes ocorrem devido à falha operacional, ou seja, quando os pilotos não estão familiarizados com os equipamentos a bordo. Outro fator importante é a dependência da automação, o uso constante destes equipamentos, faz com que os pilotos percam as habilidades manuais de voo, enfrentando dificuldades quando encontram uma situação de emergência.

A Dependência de Automação tem sido comumente descrita como uma situação, na qual pilotos que diariamente voam aeronaves com sistemas automatizados, sintam-se totalmente confiantes somente quando os sistemas de suas aeronaves estão funcionando perfeitamente. Esse déficit na confiança provém de uma combinação inadequada de conhecimento dos sistemas, falta de voo manual e gerenciamento. (BILLINGS, 1997. Tradução nossa).

Compreende-se que a indústria aeronáutica está em constante evolução e a busca incessante por um ambiente mais seguro e eficaz na aviação continua, contudo, a automação deve facilitar ainda mais a operação na cabine de comando no futuro, buscando aperfeiçoar e gerenciar de maneira ainda mais adequada estes equipamentos, corrigindo os erros cometidos no passado para alcançar voos cada dia mais seguros. (ABREU JÚNIOR, 2008).

3 SEGURANÇA OPERACIONAL

Neste capítulo, será tratado a respeito do Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional, abordando a sua estrutura e como este sistema é desenvolvido dentro das empresas. Por fim, um gráfico demonstra a importância do SGSO e sua contribuição para a segurança da aviação através da redução de acidentes ao longo do tempo.

Conforme a ANAC (BRASIL, 2018), durante uma busca incessante para aprimorar a segurança na aviação civil mundial, percebe-se a necessidade de criação do SGSO (Sistema de Gerenciamento de segurança Operacional). No início, visava-se somente à segurança dos voos, mas com o passar do tempo, junto com a expansão do mercado da aviação, foi necessário uma abordagem e percepção diferenciada para esse programa. Hoje, o SGSO abrange a organização como um todo, desde o diretor ou presidente até funcionários de *check-in* e carregamento de bagagens. Exige ainda, que a organização tenha um planejamento específico, utilizando toda a tecnologia disponível com um propósito único, a prevenção de acidentes e incidentes no ambiente de trabalho e operações dos voos e atividades de outros departamentos, como o de manutenção e cargas. (BRASIL, 2018).

Diante disso, cabe ressaltar que a idealização do SGSO baseia-se praticamente em quatro componentes, o primeiro trata-se da política e gerenciamento da segurança operacional através da melhoria no processo organizacional efetuado pela mais alta direção da empresa. Já o segundo componente, busca identificar, avaliar e mitigar os riscos e perigos relacionados à operação aérea. O terceiro componente busca garantir a segurança operacional na organização, aplicando auditorias, avaliações e análise de dados, verificando se as normas estabelecidas pelo SGSO estão sendo cumpridas. O quarto e último componente promove a cultura da segurança operacional dentro da empresa para seus funcionários, fornecendo treinamentos e disseminando as lições aprendidas ao longo do tempo. (BRASIL, 2018). Além destes quatro componentes, o SGSO trabalha voltado também para três pilares muito importante, o Reativo, Preventivo e Preditivo:

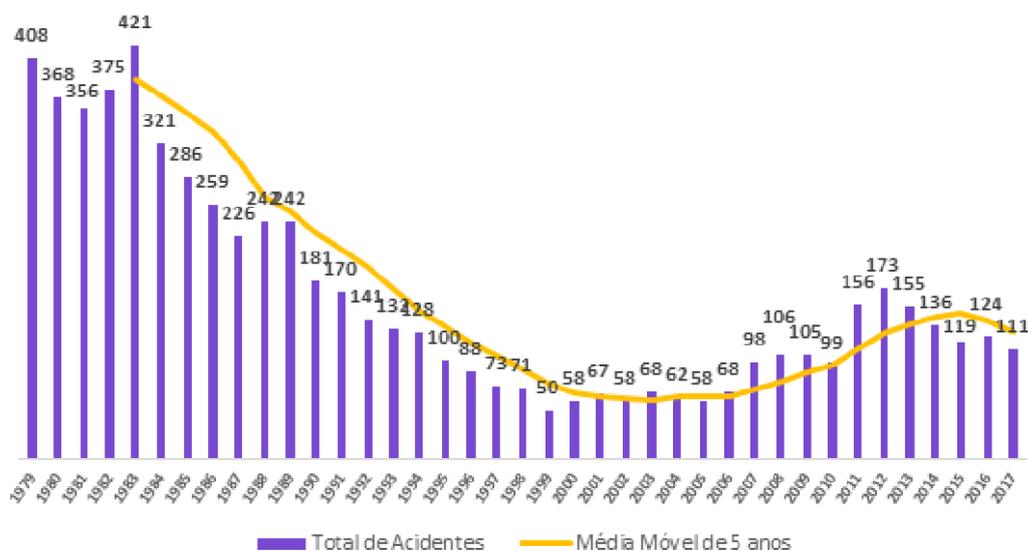
Figura 8 - Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional



Fonte: ANAC (BRASIL, 2018).

Através destes pilares, procura-se promover o hábito da segurança dentro de qualquer atividade relacionada à operação e ao adotar a prática de relatórios de segurança operacional feita pelos funcionários, desenvolve-se além dos benefícios já citados, uma economia para a empresa ao aplicar este processo. Ainda com a intenção de promover a segurança operacional, aumentando o desempenho e funcionamento do sistema, bem como demonstrar dados que comprovam a eficácia do SGSO, a ANAC divulga um relatório anual de Segurança Operacional (RASO). Neste relatório, estatísticas de acidentes e incidentes são mostradas:

Figura 9 - Histórico de Acidentes da Aviação Civil Brasileira



Fonte ANAC (BRASIL, 2017).

Ao analisar o gráfico acima, pode-se observar a diminuição nos acidentes aeronáuticos na aviação civil brasileira, de modo que grande parte dessa evolução deve-se cada vez mais a programas intensos de prevenção na segurança das operações e divulgação do SGSO dentro das organizações.

Ao mesmo tempo em que a automação desenvolvia-se, acidentes ainda aconteciam, grande parte relacionada à falha humana. Desse modo, inicia-se a implantação do CRM (*Crew Resource Management*) dentro das organizações, programa que visa o aumento da segurança do voo através da conscientização e melhora do comportamento humano.

A tecnologia elevou a aviação para outro nível, o de gerenciamento, que conseqüentemente gera uma sobrecarga cognitiva, assim, o treinamento de CRM traz um enorme benefício aos voos, aumentando os níveis de consciência situacional, tomada de decisão, comunicação e gerenciamento de estresse.

De acordo com o Figura 11, o índice de acidentes começa a diminuir consideravelmente após a década de 80, e deve se manter cada vez menor à medida que as pesquisas e a implantação da tecnologia aumentam, aprimorando conhecimentos de gerenciamento e resoluções de problemas de maneira mais eficiente e assertiva, colaborando de forma positiva para a segurança de voo. (BRASIL, 2017).

Dentro dos conceitos apresentados, percebe-se a importância da implantação do SGSO dentro das organizações e sua contribuição ao longo do tempo para a aviação. Desta forma, a modernização e implantação do sistema na atualidade mostram-se eficaz, reduzindo constantemente o índice de acidentes e incidentes nas operações das empresas aéreas.

4 ESTUDOS DE CASO

Este capítulo, trata-se do estudo de dois casos, o primeiro mostra um dos acidentes mais conhecidos da aviação brasileira, o caso do Voo GOL 1907 que choca-se com um Legacy durante o voo, apontando uma sequência de erros. Já o segundo estudo, trata-se de um incidente ocasionado entre dois jumbos da empresa JAL no Japão, ocasionado por erros cometidos entre controladores e pilotos, que poderiam ter sido evitados se os equipamentos disponíveis fossem utilizados de maneira correta, evitando uma quase colisão aérea.

4.1 VOO GOL 1907

De acordo com o Relatório Final emitido pelo CENIPA em 2008, o voo GOL 1907 que partia de Manaus – AM (SBEG) para o Rio de Janeiro aeroporto do Galeão, colidiu com a aeronave EMB-135J Legacy que havia decolado às 17h51min UTC de São José dos Campos (SBSJ) em São Paulo e tinha como destino Manaus (SBEG) e depois prosseguiria para Fort Lauderdale – FL/EUA (KFLI). (CENIPA, 2008).

As aeronaves envolvidas no acidente eram extremamente modernas e haviam sido fabricadas naquele mesmo ano de 2006. Os pilotos da Cia GOL tinham uma vasta experiência de voo e mais 3.000 horas cada naquele tipo de aeronave o B737. Já os pilotos do Legacy, também possuíam uma boa experiência, um com mais de 6.000 horas e o outro com mais de 9.000 horas, porém, no equipamento que estavam operando, tinham apenas 5 horas cada, aproximadamente. (CENIPA, 2008).

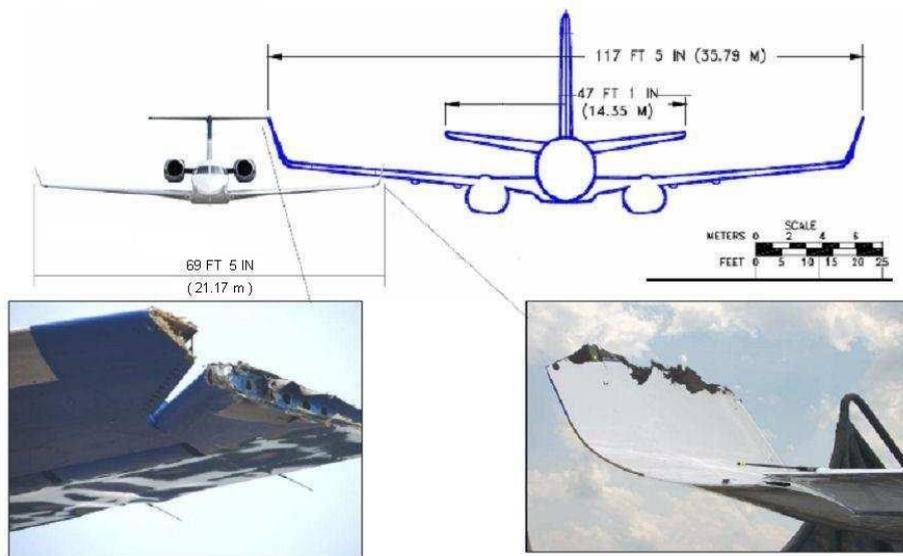
O plano de voo apresentado pela tripulação do Legacy tinha como objetivo final o nível de voo FL360 após Brasília. Ao solicitar autorização para o voo e devido à dificuldade de familiarização com a língua por parte do controle de solo em São José dos Campos, os pilotos entenderam que estavam autorizados voar o nível FL370 em toda fase do voo, e assim o fizeram. De acordo com plano de voo da aeronave da GOL, estavam autorizados a voar no nível FL410, contudo, os pilotos solicitaram o FL370 como nível final, o que é previsto e aprovado conforme regulamentação. Às 18:55 o Legacy prosseguiu mantendo o nível FL370 após Brasília, nível este que deveria ser FL360 ou FL380 para a aerovia e sentido no qual estavam voando. O erro não foi notado pelos controladores, pois, os pilotos do Legacy haviam desligado o transponder inadvertidamente, por possuir pouco conhecimento do

equipamento e distração com outros assuntos no momento. Após mais de 30 minutos às 19:26, o centro Brasília tenta estabelecer contato com o Legacy, porém, sem sucesso. O centro ainda envia uma mensagem para que seja feita a troca de frequência, mais uma vez sem resposta dos pilotos do Legacy. Mesmo percebendo que os pilotos não obtiveram conhecimento da informação, o controlador não toma nenhuma atitude e a aeronave se mantém na rota de colisão. (CENIPA, 2008).

Conforme o relatório emitido pelo CENIPA em 2008, durante um voo teste realizado pela equipe especializada, notou-se que naquele trecho onde estavam os pilotos do Legacy, na frequência 125.05MHz e no FL370, havia falhas de comunicação com centro Brasília e por isso, a frequência correta a ser utilizada seria a 135.90, que não foi mantida pela tripulação pela falta de comunicação e falhas nos sistemas. Destaca-se também no relatório emitido, que os pilotos do Legacy tentaram estabelecer contato com o Centro Brasília 12 vezes, das 19:48:16 às 19:52:59 e obtiveram resposta. Outra falha foi encontrada, a frequência das cartas de navegação Jeppesen que os pilotos utilizaram, não estava prevista nas cartas brasileiras. Após mais algumas tentativas sem obter contato com o centro, às 19:56:54 acontece a colisão entre as duas aeronaves. Após terem colidido com a aeronave da GOL, os pilotos do Legacy decretaram emergência e continuaram tentando estabelecer contato, até que um avião cargueiro os ajudou, transmitindo as informações para pousassem com segurança no aeródromo Brig. Veloso (SBCC) às 20:23:00 UTC. O B-737 da Gol perdeu metade da asa esquerda durante a colisão, e infelizmente caiu na floresta amazônica matando todos os ocupantes a bordo da aeronave. (CENIPA, 2008).

No estudo de caso apresentado, torna-se evidente a falta de experiência e conhecimento do equipamento por parte dos pilotos do Legacy contribuíram para o acidente, desligando inadvertidamente o TCAS. Porém, se este sistema fornecesse informações nas telas ou emitisse qualquer sinal sonoro, alertando o piloto de que o equipamento foi desligado em voo, talvez o acidente poderia ter sido evitado.

Figura 10- Geometria da colisão entre o Legacy-600 N600XL e o 737-800 PTR-GTD



Fonte: A-022/CENIPA/2008, 2006, p26.

Segundo Billings (1997), que pesquisou e relacionou incidentes na aviação moderna com problemas na interação de seres humanos e automação avançada da cabine de comando, grande parte destes problemas derivam da complexidade dos sistemas da cabine de comando e da dificuldade que os pilotos têm em compreender o comportamento dinâmico desses sistemas, que, por sua vez, está relacionado à falta de *feedback* que eles fornecem. (BILLINGS, 1997).

4.2 INCIDENTE DO VOO JAL 907 E JAL 958

No dia 31 de maio de 2001, o B747-400 da JAL (Japan Airlines), fazia o voo 907 que partia do aeroporto de HANEDA para Narita no Japão com 416 passageiros e 16 tripulantes. O DC-10-40 da mesma empresa efetuava o voo 958 partindo do Aeroporto Intl. De Gimhae para Narita, com 237 passageiros e 13 tripulantes.

Após a Decolagem, com aproximadamente 20 min de voo o JAL 907 atinge 39,000 pés, e o JAL 958 estava em voo de cruzeiro a 37,000 pés às 15h54min, as duas aeronaves estavam em um curso de interseção no NDB Yaizu, ciente da situação, o controlador ainda em fase de treinamento, comete um erro e comanda o JAL 907 a descer para o nível 350, ao invés de comandar a descida do JAL 958, colocando as duas aeronaves em rota de conflito.

O B747 inicia a descida como foi solicitador e neste exato momento, o TCAS do DC-10 emitiu um sinal de RA (Resolution Advisory) de descida, para evitar a colisão. O comandante do B747 seguiu as instruções do controlador e continuou descendo e, neste momento, o TCAS do B747 emite um sinal de RA para subir imediatamente, mas o piloto em comando optou por seguir a recomendação do controlador e manteve a descida. Já em contato visual o Piloto do B747 inicia um mergulho intenso seguindo o TCAS.

As duas aeronaves cruzaram a uma diferença de altitude de aproximadamente 30 metros, salvando a vida de todos a bordo e tendo como consequências apenas algumas escoriações em alguns passageiros e tripulantes. Após o incidente, as duas aeronaves pousaram em segurança e a agência japonesa de investigação de acidentes Aircraft and Railway Accidents Investigation Commission (ARAIC) concluiu como culpado o controlador de voo por comandar a descida da aeronave errada e o piloto do B747 por não obedecer às ordens do TCAS que se sobressai a qualquer instrução dos controladores, servindo de lição para futuras ocorrências neste sentido. (ARAIC, 2001).

Figura 11 – Montagem aproximada do incidente JAL 907 E JAL 958



Fonte: Krista Kuznecova, 2016.

Ao analisar os fatos que ocasionaram o incidente, percebe-se não só a importância do TCAS a bordo das aeronaves, como também a preparação e conhecimentos dos pilotos e

também dos controladores de voo, que devem estar atentos durante toda a operação para que erros como este, sejam evitados.

Contudo, a tecnologia dos equipamentos veio para minimizar estes acontecimentos, como foi mostrado nos estudos de caso acima. Com a ocorrência de acidentes e incidentes sempre temos aprendizados que devem ser aplicados no dia a dia de treinamentos operacionais de segurança e também nos simuladores de pilotos nas empresas, diminuindo a frequência de incidentes na aviação, sempre buscando o nível mais alto de segurança das operações, até que esse risco se torne nulo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo geral compreender como o avanço tecnológico influencia na segurança operacional. Para atingir esse objetivo, adotou-se a pesquisa descritiva com abordagem qualitativa. Em relação à coleta de dados, este trabalho classifica-se como bibliográfico e documental.

Em relação aos objetivos específicos:

a) Ao pesquisar sobre a evolução da automação na cabine de comando dos aviões, percebe-se a importância dos equipamentos hoje introduzidos na cabine das modernas aeronaves e o quanto estes sistemas contribuem para a aviação mundial através de rotas mais eficientes calculadas por computadores, assim como a economia de combustível, conforto para os passageiros e auxílio de navegação, facilitando o gerenciamento dos pilotos e todos envolvidos na operação aérea.

b) Na segurança operacional, conseguimos identificar o aspecto que torna nossos voos cada vez mais seguros, relacionando à segurança com a praticidade de informações e dados nos relatórios obtidos hoje em dia, visando sempre à prevenção de acidentes. Através de programas preventivos de SGSO, nota-se a importância da divulgação e implantação da segurança operacional dentro das empresas do setor de aviação. Assim como, a diminuição dos acidentes e incidentes devido a implantação dos programas de segurança nos voos e em todos os setores das empresas relacionados a operação.

c) Relacionar tecnologia com segurança de voo é um dos pontos principais desta pesquisa, entende-se que o nível de segurança que atingimos, deve-se à tecnologia empregada nos equipamentos instalados nas modernas aeronaves comerciais, fazendo com que os pilotos evitem a fadiga e estresse devido à sobrecarga de trabalho, e ainda treinamentos especializados na parte de gerenciamento são fornecidos, aperfeiçoando e elevando a segurança dos voos.

d) Ao identificar os aspectos negativos e positivos relacionados à automação, entende-se que a tecnologia influencia positivamente nas operações diárias, porém, os pilotos devem manter a concentração e estudos frequentemente, não deixando o voo inteiramente a cargo do automatismo. Dessa maneira, pilotos devem aproveitar e explorar toda a automação fornecida pelas aeronaves, porém, também treinamento manual de voo em simuladores para lidar com situações adversas.

e) Ao identificar os fatores contribuintes nos estudos de caso, percebe-se uma relação entre os dois eventos, no primeiro o piloto do Legacy desliga inadvertidamente o TCAS, por falta de experiência com o equipamento que estava voando, ocasionando o acidente. Já no segundo, o incidente ocorre porque os pilotos decidiram obedecer aos comandos do controlador, e não o TCAS. Contudo, tomando uma decisão assertiva no final, evitando o acidente.

Isso posto, retoma-se o problema que norteou essa pesquisa: Como o avanço tecnológico influencia na segurança operacional de voo?

Através dos equipamentos disponíveis a bordo das modernas aeronaves, é possível reduzir a fadiga e estresse dos tripulantes, bem como auxiliar os pilotos durante o voo de cruzeiro e pousos e decolagens, como é o caso do piloto automático e do GPS. Contudo, apesar de todas as informações que empresas e pilotos possuem nas mãos, acidentes ainda acontecem e um dos principais objetivos deste trabalho foi compreender que a falta de informação e conhecimento da automação, torna-se fator contribuinte, servindo de recomendação para as empresas, na implantação de programas de treinamento rigorosos e constantes, melhorando assim a eficiência e segurança dos voos da aviação civil.

Das limitações da pesquisa, ainda faltam alguns complementos que poderiam ser feitos em relação aos aspectos positivos e negativos relacionados à aviação.

Como sugestões para pesquisas futuras, descrever sobre a tecnologia empregada no avião da Boeing, o novo B737-800 MAX, entender o que causou os acidentes recentemente, e como proceder para que futuros acidentes sejam evitados. Relacionar a automação da aviação ao futuro dos pilotos, bem como o crescimento no setor dos “*drones*” e qual a influência sobre a aviação mundial.

REFERÊNCIAS

ABBOT, KATHY, FAA. **Some lessons learned about flight deck automated systems** .

Disponível em: <http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/3094.pdf>

Acesso em: 02 mar.2019.

ABREU JÚNIOR, C. E. de. **Automação no Cockpit das Aeronaves**, 2008.

Dísponível em: www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/download/63/60

Acesso em: 10 mai. 2019.

AIRBUS. **Flight Crew Operating Manual**, 2017. Toulouse, 2017. 1333p

AVIATION ACCIDENTS. **Cabine de comando Airbus A321**. 2017.

Disponível em: <http://www.aviation-accidents.net/british-midland-airbus-a321-231-g-medj/>

Acesso em: 24 abr.2019

ARAIC, Aircraft and Railway Accidents Investigation Commission. **Aircraft Accident Investigation Report**. Disponível em: www.mlit.go.jp/jtsb/eng-air_report/JA8904.pdf

Acesso em: 03 abr. 2019.

BARROS, J. F. **A qualidade do sinal GNSS**. 2014.

Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/qualidade-do-sinal-gnss_1872.html

Acesso em: 3 mar. 2019.

BILLINGS, C. E. **Aviation automation: The Search for a Human-Centered Approach**.

New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1997.

Disponível em: sunnyday.mit.edu/16.355/Billings.pdf. Acesso em: 17 mar. 2019.

BRASI. Comando da Aeronáutica. Estado Maior da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aéreos - CENIPA. **Relatório final A-022/CENIPA/2008**.

Disponível em: http://www.potter.net.br/media/uf/pt/PR_GTD_N600XL_29_09_06.pdf.

Acesso em: 24 mar.2019

RAS . Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC. **Histórico de Acidentes da Aviação Civil Brasileira**, 2017. Disponível em:

https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/gerenciamento-da-seguranca-operacional/arquivos/raso_2017.pdf

Acesso em 27 abr. 2019

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC. **Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional**. 2018.

Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/gerenciamento-da-seguranca-operacional/sgso>. Acesso em: 20 abr.2019

BRIERE, D.. **Electrical Flight Controls, From Airbus A320/330/340 to Future Military Transport Aircraft: A Family of Fault-Tolerant Systems**. 2001.

Disponível em: http://www.davi.ws/avionics/TheAvionicsHandbook_Cap_12.pdf.
Acesso em: 07 mar. 2019.

CARVALHO, R. O TCAS e uma colisão em pleno voo. Disponível em:
<http://betocarva.blogspot.com/2011/10/o-tcas-e-uma-colisao-em-pleno-voo.html>.
Acesso em: 21 mar.2019.

FAA, (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION). **TCAS II. INTRODUCTION**, 2011.
Disponível em:
https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/TCAS%20II%20V7.1%20Intro%20booklet.pdf.
Acesso em: 20 mar.2019.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Enhanced FAA Oversight Could Reduce Hazards Associated With Increased Use of Flight Deck Automation**, Report Number AV-2016/013. Disponível em:
https://www.oig.dot.gov/sites/default/files/FAA%20Flight%20Deck%20Automation_Final%20Report%5E1-7-16.pdf. Acesso em: 12 mar.2019.

GIL, A. C.. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**, São aulo, 2002. 42p

GIL, A C.. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

HARRIS W.. **How Autopilot Works**.
Disponível em: <https://science.howstuffworks.com/transport/flight/modern/autopilot3.htm>
Acesso em: 19 mar. 2019.

HISTORIC WINGS, **Flight Histories: George the Autopilot**, 2012.
Disponível em: <http://fly.historicwings.com/2012/08/george-the-autopilot>
Acesso em: 05 abr. 2019

KLOTZEL, E.. **Memórias de um Engenheiro de Voo**.
Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/memorias-de-um-engenheiro-de-voos_1961.html. Acesso em: 31 mar. 2019

KUZNECOVA, K.. **Montagem aproximada do acidente, 2016**.
Disponível em: <https://50skyshades.com/news/airlines/in-2001-two-jal-planes-carrying-677-in-total-narrowly-avoids-disaster>. Acesso em: 04 abr. 2019.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos Metodologia Científica**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LEMOS, V.. Palhoça, UnisulVirtual, 2012.

MY AVIATION. **TRAFFIC COLLISION AVOIDANCE SYSTEM II (TCAS)**.
Disponível em: <http://my-aviation.ru/main/aviation-english/80-tcas.html>.
Acesso em: 23 mar.2019.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Flight to the Future: Human Factors in Air Traffic Control**. 1997. Washington, DC: The National Academies Press.

Disponível em: <https://doi.org/10.17226/5493>. Acesso em: 11 mar.2019

NTSB. **History of Advanced Cockpit Avionics**. 2010. Washington, DC. Disponível em:

<https://www.nts.gov/safety/safety-studies/Documents/SS1001.pdf>.

Acesso em 28 abr. 2019

SLIIDE SHARE, **EFIS on Airbus A320 / A330**.

Disponível em: <https://pt.slideshare.net/careaviationhk/efis-on-airbus-a320-a330>.

Acesso em: 25 fev. 2019

SKYBRARY. **Cockpit Automation -Advantages and Safety Challenges**. Disponível em:

https://www.skybrary.aero/index.php/Cockpit_Automation_Advantages_and_Safety_Challenges. Acesso em: 15 fev.2019.

TRAVERSE P.; LACAZE I.; SOUYRIS, J. **Airbus fly-by-wire: a process toward total dependability**.ICAS, 2006.

Disponível em: <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2313.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

WOODFORD, C.. **Satellite Navigation**, 2018.

Disponível em: <https://www.explainthatstuff.com/howgpsworks.html>.

Acesso em: 25 abr. 2019