



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

MATHEUS HENRIQUE ALVES ZUNZARREN

**O TREINAMENTO COMO CHAVE PARA O GERENCIAMENTO DA
AUTOMAÇÃO NA CABINE DE COMANDO E SEU IMPACTO NA SEGURANÇA
OPERACIONAL**

Palhoça

2019

MATHEUS HENRIQUE ALVES ZUNZARREN

**O TREINAMENTO COMO CHAVE PARA O GERENCIAMENTO DA
AUTOMAÇÃO NA CABINE DE COMANDO E SEU IMPACTO NA SEGURANÇA
OPERACIONAL**

Monografia apresentada ao Curso de graduação
em Ciências Aeronáuticas, da Universidade do
Sul de Santa Catarina, como requisito parcial
obtenção do título de Bacharel.

Prof.^a Orientadora Dra. Conceição Aparecida Kindermann

Palhoça
2019

MATHEUS HENRIQUE ALVES ZUNZARREN

**O TREINAMENTO COMO CHAVE PARA O GERENCIAMENTO DA
AUTOMAÇÃO NA CABINE DE COMANDO E SEU IMPACTO NA SEGURANÇA
OPERACIONAL**

Esta monografia foi julgada adequada à obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas e aprovada em sua forma final pelo Curso de Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 11 de novembro 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

A Deus, por ser essencial em minha vida e parte da realização desse projeto.

A todos que de alguma maneira me ajudaram a adquirir o conhecimento necessário para chegar até este momento. Em especial minha mãe Margarete Alves Zunzarren, MSc. que sempre me orientou nas mais diversas áreas do conhecimento. Também ao meu pai Reinato Zunzarren que sempre me concedeu palavras e ensinamentos sábios.

AGRADECIMENTOS

À professora Conceição Aparecida Kindermann pelo empenho e dedicação durante a orientação deste trabalho.

Aos professores da faculdade de Ciências Aeronáuticas, aeroclubes, simuladores de voo e centros de treinamento pelo conhecimento transmitido, pelo companheirismo e apoio ao longo destes longos anos.

A todos os instrutores de voo que participaram da minha formação, com os quais tive a oportunidade de não só aprender, mas também dividir conhecimento e experiências que serão levados para o resto da vida.

A todos, meus sinceros agradecimentos!

“A persistência é o menor caminho para o êxito”.

(Charles Chaplin)

RESUMO

O presente trabalho analisou como os treinamentos e a padronização propiciam o aumento da segurança de voo e elevam a melhoria em processos de tomada de decisão. Sabe-se que o aumento da tecnologia e informações disponíveis em uma cabine de comando que elevou a segurança operacional a um nível jamais alcançado na história da aviação comercial. É sabido que o erro humano não pode ser totalmente eliminado, por isso, se propõe a prática de treinamentos em que os pilotos desenvolvam habilidades e procedimentos apropriados, para o gerenciamento de erros, cabendo aos pilotos adotar o nível adequado de automação, para cada fase do voo. Esse trabalho foi desenvolvido em caráter de uma pesquisa descritiva com abordagem qualitativa, quanto a coleta de dados, caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica e documental, utilizando como fonte literaturas nacionais e internacionais como principal fonte os órgãos reguladores.

A partir da análise, foi percebido que o treinamento auxilia na padronização para um correto gerenciamento do sistema de automação e que se faz importante conhecer as novas ferramentas, em constante mudança pois propiciam o uso de procedimentos de segurança e otimização da operação diária na aviação.

Palavras-chave: Automação. Gerenciamento. Treinamento. Segurança Operacional

ABSTRACT

The focus of this research was to analyze how training and standard procedures increase flight safety and improve decision making processes. Current updates in technology and information available in a cockpit increased safety to a level never reached before in the commercial aviation history. It's known that human error cannot be completely eliminated, so it is important to provide training practices where pilots develop appropriate procedures and skills for error management, and it is up to pilots to apply the appropriate automation level for each phase of the flight.

This work was developed in the sense of a descriptive research with qualitative approach, as the data collection, is characterized as a bibliographic and documentary research, using a national and international literature as the main sources with regulatory agencies. It was concluded from the analysis that the training assists standard procedures for correct automation management system and the importance of knowing the new tools in constant changing, because they provide the use of safety procedures and optimization of daily operations in aviation.

Keywords: Automation. Management. Training. Operational Safety

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Procedimento de aproximação RNP pista 02R no Aeroporto Santos Dumont	13
Figura 2- Procedimento de aproximação RNAV pista 02R/L no Aeroporto Santos Dumont .	14
Figura 3- Aeronave modelo Boeing modelo B737-100 com registro NASA 515	21
Figura 4- Controles da cabine de comando e displays relacionados a interação do piloto	23
Figura 5- Representação da interação homem x máquina.....	25
Figura 6- Painel básico em formato de T que compõe o layout atual dos painéis	27
Figura 7- Painel da Aeronave ART72-600 e representação do conceito do painel em T	27
Figura 8- Procedimento de descida de emergência exibida no <i>Flight Mode Annunciator</i>	28
Figura 9- Conceito de interface Touchscreen	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comandos de voz para o controle do Piloto Automático	29
---	----

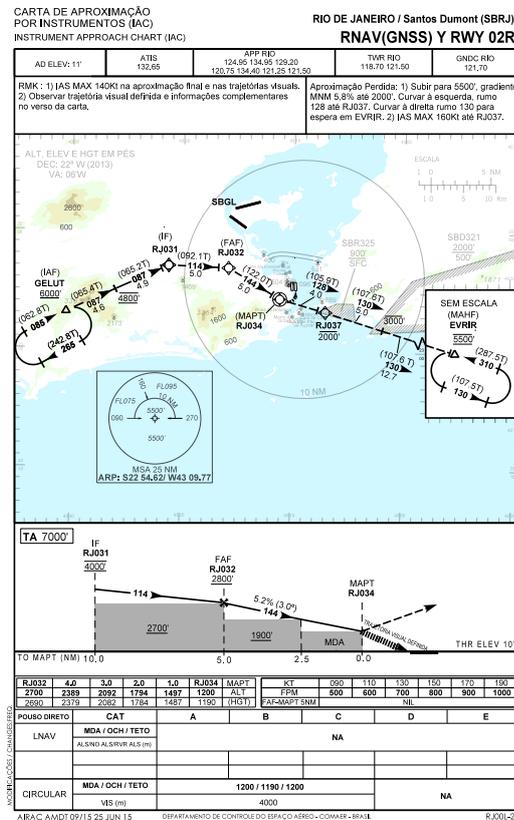
LISTA DE SIGLAS

ACFS	Automatic Flight Control System
ADI	Attitude Director Indicator
AED	Automated Emergency Descent
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ATC	Controle de Tráfego Aéreo
CDU	Control Display Unit
CRM	Crew Resource Management
CRT	Cathode Ray Tube
DVI	Direct Voice Input
FAA	Federal Aviation Administration
FBW	Fly-by-Wire
FCU	Flight Control Unit
FMA	Flight Mode Annunciator
FMS	Flight Management System
HDG SEL	Heading Select
HSI	Horizontal-situation Indicators
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
KNKT	Komite Nasional Keselamatan Transportasi
LNAV	Navegação Lateral
LOFT	Treinamento de Voo Orientado para a Linha
LOSA	Auditoria de Segurança nas Operações de Linha
MCP	Multifunctional Control Panel
NASA	National Aeronautics and Space Administration
ND	Navigation Display
NTSB	National Transportation Safety Board
PFD	Primary Flight Display
RNAV	Area Navigation
RNP	Required navigation performance
TEM	Threat and Error Management
VNAV	Vertical Navigation

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	PROBLEMA DA PESQUISA	14
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivos específicos	14
1.3	JUSTIFICATIVA	15
1.4	METODOLOGIA.....	15
1.4.1	Natureza e tipo de pesquisa	15
1.4.2	Materiais e métodos	16
1.4.3	Procedimentos de coleta de dados	16
1.4.4	Procedimento de análise de dados	17
1.5	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	17
2	A INTERAÇÃO HOMEM X AUTOMAÇÃO	19
2.1	UM BREVE HISTÓRICO DA AVIAÇÃO	20
2.2	A ARQUITETURA DA AUTOMAÇÃO NAS AERONAVES	21
2.3	ERGONOMIA E SUA IMPORTÂNCIA	23
2.3.1	Displays	24
2.3.2	Controles	25
2.3.3	Disgn da cabine de comando	25
2.4	THE GOLDEN ROULES - AIRBUS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.7
2.5	AUTOMATED EMERGENCY DESCENT (AED)	27
2.6	O FUTURO DA AUTOMAÇÃO.....	28
3	O TREINAMENTO PARA GERENCIAMENTO DA AUTOMAÇÃO	31
3.1	DEFININDO A AUTOMAÇÃO	31
3.2	POR QUE AUTOMATIZAR?	32
3.3	TREINAMENTO	33
3.3.1	Crew Resource Management (CRM)	34
3.3.2	Obrigatoriedade do Treinamento	35
4	ANÁLISE DO ACIDENTE AIRASIA	37
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
	REFERÊNCIAS	42

Figura 2 - Procedimento de aproximação RNAV pista 02R/L no Aeroporto Santos Dumont



Fonte: Departamento de Controle do Espaço Aéreo (2019).

Com tantas informações disponíveis, o *design* e a ergonomia da cabine de comando foram alterados para simplificar a apresentação das informações da aeronave e reduzir o número de medidores individuais que devem ser monitorados durante o voo, facilitando o entendimento e a interação dos pilotos.

Para os tripulantes técnicos isso elevou a segurança operacional a um nível jamais alcançado na história da aviação comercial, por exemplo, no ano de 2017, ocorreram 10 acidentes fatais, segundo levantamento da Aviation Safety Network, em um universo de 36.7 milhões de decolagens e 4.1 bilhões de passageiros transportados segundo relatório anual da IATA. (2018).

Tudo isso deve estar aliado a um bom gerenciamento de cabine onde cabe aos pilotos utilizar níveis adequados de automação para cada fase do voo.

Por outro lado, em um cenário em que a automação deficiente pode reduzir a consciência situacional dos operadores e criar desafios elevando a carga de trabalho quando os sistemas falham, dificultando uma definição de diagnóstico por parte dos pilotos. As tripulações de voo podem gastar muito tempo tentando entender a origem, as condições ou as causas de um

alarme ou de vários alarmes, o que pode distraí-los de outras tarefas prioritárias e de pilotar a aeronave, como ocorreu no acidente que será analisado ao longo desse trabalho.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Um grande dilema atual da aviação comercial tange o elevado nível de automatismo em um *flight deck*, o piloto passa a ser um operador deste sistema, inserindo os dados antes do voo, referentes à rota e performance da aeronave. Porém, quem realmente comanda a aeronave durante o voo é o piloto automático seguindo os dados inseridos previamente, possibilitando uma redução da carga de trabalho e possibilitando aos tripulantes de executarem outras tarefas, cabendo ao piloto o gerenciamento do voo e, caso seja necessário, assumir o controle, seja inserindo novos dados ou revertendo o automatismo para um nível mais baixo ou até mesmo para o voo manual.

Na temática surgem os seguintes questionamentos:

O fator humano como peça chave. Como o treinamento e as ferramentas de padronização auxiliam a tripulação a obterem níveis de segurança elevados?

1.2 OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho se traduz em:

1.2.1 Objetivo geral

Analisar como os treinamentos e a padronização propiciam o aumento da segurança de voo e elevam a melhoria em processos de tomada de decisão.

1.2.2 Objetivos específicos

Seguindo a linha do objetivo geral e trabalhando esta problemática irei dividi-lo em alguns objetivos específicos voltados sempre sob a ótica da segurança de voo, serão estes:

- 1) Identificar as tecnologias disponíveis hoje a bordo das aeronaves comerciais e as novas ainda a serem implementadas.

- 2) Identificar quais as contribuições da automação para o aumento da segurança de voo e verificar como o *design* e ergonomia contribuem para a interação homem x máquina.
- 3) Identificar e analisar quais ferramentas de treinamento auxiliam na padronização para um correto gerenciamento do sistema de automação.
- 4) Analisar um acidente aeronáutico de grande repercussão que tem ligação direta com o mau gerenciamento do sistema de automação.

1.3 JUSTIFICATIVA

Por séculos, a automação tem tornado a humanidade mais produtiva. Historicamente, essa automação substituiu principalmente a força do trabalho humano. Recentemente, no entanto, máquinas foram usadas por humanos para tarefas cada vez mais cognitivas, mas a automação não é perfeita. Ela é catastróficamente frágil, quando retirada da zona de conforto para a qual foi projetado ou se gerenciada de maneira inadequada.

A necessidade de se abordar esse assunto se justifica pelo fato de a automação ser utilizada em 90 por cento do tempo durante um voo comercial segundo estimativa da *Federal Aviation Administration*. (FAA, 2016).

Além disso, existe uma complexidade crescente de mecanismos e sistema e sua mudança constante em virtude das novas tecnologias que altera a modelo de interação homem x máquina, entretanto a automação não eliminou o erro humano, mas mudou sua natureza (REASON, 1990).

1.4 METODOLOGIA

1.4.1 Natureza e tipo de pesquisa

Este trabalho classifica-se como um estudo de caso do tipo descritivo, com abordagem qualitativa. Gil (2010, p.37) classifica o estudo de caso “estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetivos, de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento”. Na mesma linha de pensamento Michaliszyn e Tomasini (2008, p.51) definem

estudo de caso como “Estudo profundo e exaustivo de indivíduos e instituições em particular, de maneira a permitir o seu amplo e detalhado conhecimento”.

Logo a abordagem do problema, para a presente pesquisa é totalmente desenvolvida pelo método qualitativo, não realizando nenhuma análise de caráter quantitativo. De acordo com Silva e Menezes (2005, p.20), a pesquisa qualitativa “considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números.

Na pesquisa descritiva realiza-se o estudo, a análise, o registro e a interpretação dos fatos do mundo físico sem a interferência do pesquisador. O processo descritivo visa à identificação, registro e análise das características, fatores ou variáveis que se relacionam com o fenômeno ou processo. Esse tipo de pesquisa pode ser entendida como um estudo de caso onde, após a coleta de dados, é realizada uma análise das relações entre as variáveis para uma posterior determinação do efeitos resultantes em uma empresa, sistema de produção ou produto (Perovano, 2014).

1.4.2 Materiais e métodos

Os materiais analisados provêm de literatura especializada da área que inclui dados dos órgãos reguladores, assim como os dos órgãos de prevenção e investigação de acidentes aeronáuticos nacionais e internacionais. Tal literatura esta ancora-se nas ferramentas e tecnologias disponíveis hoje e as formas de treinamento para seu correto gerenciamento. Também foram verificados os dados de segurança operacional da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), por meio do Safety Management Manual, e da Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA), em seus Safety Reports, concomitante à análise das informações referentes aos treinamentos.

1.4.3 Procedimentos de coleta de dados

No que diz respeito ao procedimento utilizado, classifica-se o estudo como pesquisa bibliográfica, por ser baseada em livros, artigos, leis, sítios eletrônicos, artigos científicos e trabalhos monográficos, mas também documentos e regulamentos oficiais dos órgãos competentes. De acordo com Gil (2010, p.29-31) “a pesquisa bibliográfica é elaborada com

base em material já publicado. Tradicionalmente, esta modalidade de pesquisa inclui material impresso como livros, revistas, jornais, teses, dissertações e anais de eventos científicos”.

Classifica-se esta pesquisa também, como estudo de caso, pois os dados são coletados por meio de observação e análise de documentos. Este procedimento é conceituado por Gil (2010, p.37) como “estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetivos, de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento”. Na mesma linha de pensamento Michaliszyn e Tomasini (2008, p.51) definem estudo de caso como “Estudo profundo e exaustivo de indivíduos e instituições em particular, de maneira a permitir o seu amplo e detalhado conhecimento.”.

A pesquisa documental é realizada em fontes como tabelas estatísticas, cartas, pareceres, fotografias, atas, relatórios, obras originais de qualquer natureza – pintura, escultura, desenho, etc), notas, diários, projetos de lei, ofícios, discursos, mapas, testamentos, inventários, informativos, depoimentos orais e escritos, certidões, correspondência pessoal ou comercial, documentos informativos arquivados em repartições públicas, associações, igrejas, hospitais, sindicatos (Santos, 2000).

1.4.4 Procedimento de análise de dados

A análise foi realizada com base nas leituras dos documentos e obras consultadas, por se tratar de uma pesquisa bibliográfica e documental. A partir disto foram realizados fichamentos, para posterior análise.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta pesquisa divide-se em quatro capítulos: O primeiro deles trata-se de um breve histórico de como foi o surgimento da interação do homem e a automação em uma cabine de comando, o desenvolvimento de novas tecnologias que tornaram essa interação mais simples através do conceito de ergonomia e design. Regras criadas pela fabricante Airbus para um gerenciamento consciente e eficaz da automação e novas tecnologias já em uso e em desenvolvimento que elevarão tal interação a um próximo nível.

O segundo capítulo por sua vez aponta sobre a importância do treinamento para um gerenciamento correto da automação, com uma breve definição sobre o termo, além de práticas

de treinamento adotadas globalmente que são chaves para a sedimentação da cultura de segurança, um aprimoramento contínuo e um elevado desempenho da tripulação.

O terceiro capítulo traz uma análise do acidente aéreo da empresa AirAsia correlacionando suas causas com o treinamento ou a falta dele para a tripulação.

Por fim, o quarto capítulo que traz as considerações finais, que aponta como os treinamentos e a padronização propiciam o aumento da segurança de voo e elevam a melhoria em processos de tomada de decisão e em seguida as referências das obras consultadas.

2 A INTERAÇÃO HOMEM X AUTOMAÇÃO

Diante do desenvolvimento tecnológico dos dispositivos eletroeletrônicos, todos os setores passaram por transformações significativas e o setor aeronáutico não ficou para trás. Os antigos instrumentos analógicos, que equipavam as aeronaves, foram gradualmente sendo substituídos por uma interface digital e automatizada que interligam os diversos sistemas de uma aeronave.

Apesar do primeiro voo realizado pelo homem ter ocorrido sem qualquer tipo de instrumento que orientasse o piloto sobre sua altitude, velocidade e posicionamento geográfico, é notório com o passar do tempo a necessidade de se desenvolver equipamentos nesse sentido.

Segundo Scheck (2010), o inventor e engenheiro Elmer Sperry patenteou a bússola giroscópica em 1908, mas foi seu filho, Lawrence Burst Sperry, quem primeiro testou o dispositivo em uma aeronave. Em dezembro de 1931, pela primeira vez na história, um piloto automático mecânico é licenciado para pilotar passageiros e correio aéreo, o dispositivo incorpora um giroscópio Sperry e opera todos os controles de voo do avião, exceto durante decolagens e pousos.

Mas ainda era muito complexo o gerenciamento de uma cabine sendo necessário estar a bordo o comandante, primeiro oficial, segundo oficial, engenheiro de voo, navegador, observador e operador de rádio num total de sete tripulantes técnicos para operar uma aeronave comercial.

O desenvolvimento desse capítulo será dividido em três seções onde serão apresentados os temas que compõe o estudo do proposto.

Na primeira seção será abordado um breve histórico da automação.

Na segunda seção apresenta-se a arquitetura da automação nas aeronaves e como a introdução de tecnologia avançada em modernas plataformas de voo conseguiu aumentar área precisão e a eficiência das operações de voo.

Na terceira seção ergonomia e sua importância será realizado o estudo de como a ergonomia tem sido aplicada no *design* de ferramentas levando em consideração as características do usuário, bem como a eficiência e precisão no processo de automação nas operações de voo.

2.1 UM BREVE HISTÓRICO DA AUTOMAÇÃO

Com o desenvolvimento das tecnologias de computadores, ficando cada vez menores e mais leves foi possível sua implementação em aeronaves com a intenção de automatizar sistemas, eliminando a necessidade de ter uma pessoa para operá-lo.

Os painéis encontrados em grandes aeronaves comerciais atualmente são um desdobramento ou uma evolução dos existentes após a Segunda Guerra Mundial, por volta do final dos anos 1970. Os medidores analógicos antigos começaram a ser substituídos por instrumentos digitais introduzindo o conceito de *glass cockpit* para tripulações de voo. O uso dessa nova tecnologia que é similar aos monitores de computador simplificou muito a aparência do *layout* de instrumentação que foram redesenhados em favor do conforto e da segurança, pois os *cockpits* começaram a ser observados sobre uma ótica de design ergonômico. (NTSB 2010).

Segundo Wallace (1994), em 1973, em uma parceria entre o governo americano, NASA e a Boeing foi criado um projeto de estudos, utilizando como base a aeronave modelo B373-100 com o objetivo de melhorar os sistemas operacionais que promoveram a eficiência no gerenciamento de tráfego aéreo e redução de ruído. Foram realizados mais de 20 testes e pesquisas sempre visando uma aviação mais segura e eficiente que em sua grande maioria geraram um impacto significativo nas operações aéreas.

Figura 3 – Aeronave modelo Boeing modelo B737-100 com registro NASA 515, utilizada para desenvolvimento de tecnologia.



Fonte: Airliners.net (2001).

Para Wallace (1994) no ano de 1982, a partir de pesquisas realizadas com o modelo B737-100, a empresa Boeing lançou o modelo B767, sendo o primeiro avião certificado pela FAA capaz de operar com dois tripulantes técnicos a bordo. Esta aeronave foi um divisor de águas para os *cockpits* das aeronaves comerciais. Elas introduziram os displays de tubo de raios catódicos (CRT) como instrumentos primários de voo e criaram o sistema digital de gerenciamento de voo baseado em computador para integrar planejamento de voo, navegação, gerenciamento de desempenho e orientação. Pela primeira vez, as informações operacionais e parâmetros do motor foram gerenciadas e exibidas seletivamente para facilitar a resposta rápida e precisa da tripulação.

Gradualmente os engenheiros começaram a implementar treinamentos para as companhias aéreas, começaram então a ensinar os pilotos a não usar o computador em altitudes inferiores a 10.000 pés, ou seja, ao em vez disso, reduzir a automação (WALLACE,1994).

Em um esforço para melhorar a maneira pela qual a nova tecnologia foi implementada e para antecipar melhor as maneiras pelas quais os pilotos tentariam usá-la, a NASA desenvolveu o Programa de Automação / Segurança da Aviação em 1989. O programa, que era um esforço conjunto entre o Centro de Pesquisas Langley e o Centro de Pesquisas da NASA, começou a existir uma nova ótica sobre o impacto da automação que havia chegando aos *cockpits*. Então, usando simuladores de voo de conceitos avançados (ACFS) os pesquisadores planejaram explorar conceitos que levariam a mais automação focada no ser humano, para que a automação fosse projetada para auxiliar os pilotos em seus trabalhos (WALLACE,1994).

Em 1992, a NASA também se juntou à FAA e à Força-Tarefa de Fatores Humanos da Associação de Transporte Aéreo para desenvolver um Plano Nacional para Fatores Humanos de Aviação. (WALLACE,1994).

Nota-se com todo esse relato uma preocupação para a correção de algumas das deficiências em cabines automatizadas, promovendo a automação centrada no ser humano e incentivando o desenvolvimento de displays e controles avançados que são mais intuitivas.

2.2 A ARQUITETURA DA AUTOMAÇÃO NAS AERONAVES

Segundo Billings (1991), a introdução de tecnologia avançada em modernas plataformas de voo conseguiu aumentar a precisão e a eficiência das operações de voo. No entanto, acidentes e incidentes recentes envolvendo aeronaves com *glass cockpit* sugeriram que a atual geração de automação de cabine pode ter criado novas cargas operacionais e novos tipos de modos de falha no sistema homem-máquina em geral.

velocidade, rumo, altitude e velocidade vertical, que são rastreados pelo sistema se um modo de voo automático correspondente. Para visualizar quais modos de FMS estão atualmente ativos. Além disso o piloto pode monitorar as anúncios do modo de voo na ADI. Estes fornecem dados sobre os modos ativos ou armados e sobre o status do piloto automático. Eles também indicam o status e o modo dos *autothrottles*, que podem ser configurados para o modo manual ou automático para controle de velocidade e altitude. As várias interfaces FMS e funções de piloto automático fornecem ao tripulante técnico um alto grau de flexibilidade na seleção e combinação de níveis de automação para responder a diferentes situações e requisitos. (STARTER; WOODS, 1994, p.4)

Starter e Woods (1994) ressaltam que existem vários modos de controle de voo automático que variam entre os extremos de automático e manual. O nível mais alto de controle automático ocorre nos modos VNAV e LNAV. Geralmente um nível alto de automação é utilizado quando é em situações que permitem planejamento de longo prazo com baixa probabilidade de desvios do plano por exemplo, na fase de cruzeiro do voo.

Ainda segundo Starter e Woods (1994), quando os pilotos precisam intervir rapidamente e alterar os parâmetros de voo por exemplo, quando estão recebendo vetores do controle de tráfego aéreo, níveis mais baixos de automação estão disponíveis. Os pilotos podem inserir valores-alvo para diferentes parâmetros da trajetória de voo, ou seja, velocidade no ar, direção, altitude, velocidade vertical no MCP.

Tanto a flexibilidade do FMS quanto o dinamismo do controle da trajetória de voo impõem exigências cognitivas aos pilotos. Eles precisam decidir qual nível de automação devem ser utilizadas em um determinado conjunto de circunstâncias e também precisam monitorar o *status* e o comportamento da automação.

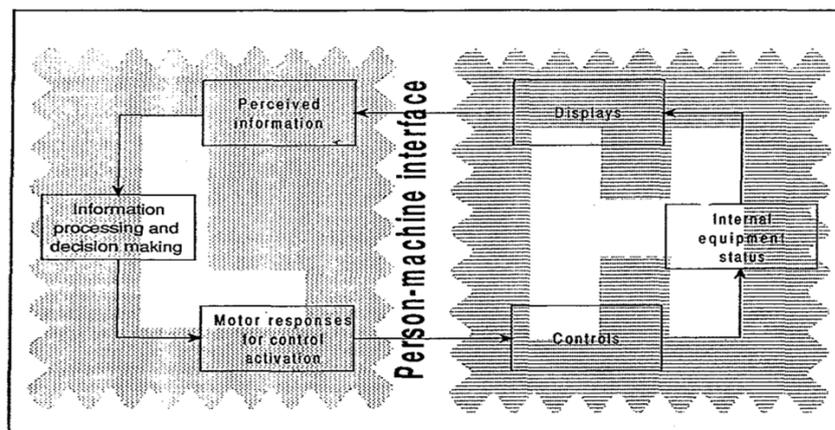
2.3 ERGONOMIA E SUA IMPORTÂNCIA

A ergonomia tem sido aplicada no *design* de ferramentas, mesmo de forma elementar, desde o início da civilização. A abordagem atual do *design* leva em consideração as características do usuário como recursos, limitações e necessidades. Os termos "fácil de usar" e "tolerante a erros", referentes a equipamentos modernos, refletem essa intenção. (ICAO, 1998).

Seguindo essa ótica a ICAO (1998) criou uma representação simplificada da interação homem x máquina é mostrada na figura abaixo. O componente da máquina é exibido à direita telas que informam o ser humano sobre o status do sistema interno ou sobre condições externas ao sistema, enquanto os controles permitem que o ser humano efetue alterações no

status do sistema. O componente homem do sistema é mostrado no lado esquerdo da figura. As informações exibidas devem ser percebidas e processadas pelo ser humano, e então decisões conscientes podem ser tomadas. A informação viaja por essa interface nas duas direções; A ergonomia está muito preocupada em guiar as informações por essa interface e os engenheiros devem garantir que as telas e os controles sejam compatíveis com os recursos humanos e as necessidades das tarefas.

Figura 5 – Representação da interação homem x máquina



Fonte: ICAO (1998).

Com base nesse conceito existe uma preocupação muito grande por parte da equipe de projeto do sistema que deve decidir quais funções devem ser dadas ao hardware, software e ao humano baseando-se nas necessidades de tarefas, carga de trabalho, custos, requisitos de treinamento e tecnologias disponíveis. Funções alocadas inadequadamente podem comprometer a eficácia e a segurança do sistema devendo ser projetada com flexibilidade adequada para que a alocação da função possa ser adaptada a várias situações operacionais desde o voo de rotina até as emergências.

Enquanto alguns erros podem ser devido à negligência, ou falta de julgamento, muitos são induzidos por projeto deficiente do equipamento ou pode resultar da reação normal de uma pessoa a uma situação estressante. Desta maneira, é de extrema importância a prática da ergonomia durante a concepção de um projeto.

2.3.1 Displays

A função de uma exibição é transmitir informações sobre o *status* do voo com precisão e rapidez para o operador. Uma quantidade precisa e adequada de informações deve

ser apresentada ao operador de acordo com os requisitos da tarefa. Seria prejudicial para o desempenho apresentar mais informações do que o necessário, especialmente quando o operador está sobrecarregado, fatigado ou sob estresse. (ICAO, 1998).

Alguns critérios devem ser definidos antes que um monitor possa ser adequadamente projetado e localizado. Tanto o design quanto a localização dos displays podem influenciar a interação entre o ser humano e a máquina. Deve então ser considerado as circunstâncias de utilização, iluminação do ambiente, formato das informações sejam analógicos ou digitais, distância de visualização e fatores como brilho, cor e contraste.

Além disso para a ICAO (1998), a legibilidade é geralmente uma junção de fatores como o estilo de caractere, ou seja, letras maiúsculas ou itálicos, tamanho, contraste e espaçamento.

2.3.2 Controles

Os controles são meios para o operador humano transmitir mensagens ou comandos para a máquina também chamados de *Inputs*. A mensagem deve ser transmitida dentro de uma precisão especificada e período de tempo. Eles podem enviar um sinal de controle para um sistema por exemplo, a alavanca do *flape* ou controlar um display diretamente por exemplo, botão de ajuste do altímetro. Os requisitos funcionais, bem como a força de manipulação necessária, determinarão o tipo e o design do controle a ser adotado. (ICAO, 1998).

Outro requisito básico para controles, do ponto de vista da ergonomia, é a sua localização dentro da cabine de comando, até a resistência do controle afeta a sensação de suavidade do movimento, a velocidade e a precisão da operação de controle, para executar uma operação eficiente.

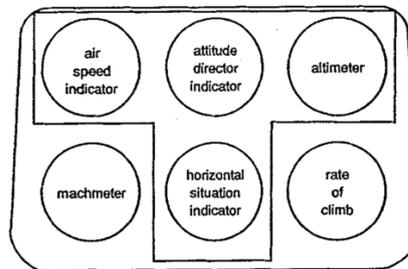
2.3.3 Design da Cabine de Comando

A abordagem da ergonomia começa com uma avaliação dos requisitos da tarefa e das características do usuário, o que faz com que as decisões sejam descritas, de acordo com a especificação do *layout* e da composição da cabine de comando. Além disso, o projetista deve levar em conta restrições que podem limitar as opções de design. Tais restrições incluem as características aerodinâmicas da aeronave, que são relacionadas à seção transversal da fuselagem e à forma do nariz. Por exemplo, a largura da plataforma de voo da Concorde de 148

cm, que é ditada por requisitos aerodinâmicos, representa um ambiente relativamente apertado quando comparado com um Boeing 747 que tem uma largura de 191 cm (ICAO, 1998).

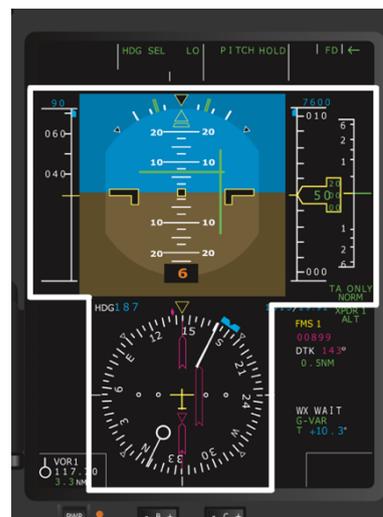
Segundo a ICAO (1998), o ponto de referência é a localização do olho do piloto. Esta referência que ajuda a determinar a colocação de equipamentos, como displays. O painel contendo instrumentos de voo recebeu muita atenção dos projetistas. O layout básico de T que existe na maioria das aeronaves hoje é o resultado da necessidade de uma varredura rápida e precisa dos quatro parâmetros básicos: velocidade, atitude, altitude e proa, existente tanto em painéis analógicos quanto em *glass cockpit*.

Figura 6 – Painel básico em formato de T que compõe o layout atual dos painéis



Fonte: ICAO (1998).

Figura 7 – Painel da Aeronave ART72-600 e representação do conceito do painel em T



Fonte: Adaptação do autor de System Glass Cockpit 600, ATR Training Center (2016).

2.4 THE GOLDEN ROULES - AIRBUS

De acordo com a Airbus Customer Services, o *Operations Golden Rules* (2004, p. 2), aponta que 20% dos fatores contribuintes para acidentes durante aproximação e pouso veem de uma interação inadequada com a automação presente na cabine.

Com aeronaves extremamente automatizadas a Airbus criou um documento com as chamadas “*Golden Rules*” que são regras que devem ser seguidas para se manter um voo seguro em um ambiente automatizado. Sendo que duas delas, sempre use o nível de automação apropriado e tomar o controle caso as coisas não aconteçam como esperado (AIRBUS CUSTOMER SERVICES 2004).

2.5 AUTOMATED EMERGENCY DESCENT (AED)

Automated Emergency Descent (AED) foi implementado em 2018 pela fabricante Airbus em sua aeronave modelo A350 XWB. Este sistema aciona a função de piloto automático da aeronave para levá-la a uma altitude mais baixa e segura em caso de depressurização em cabine, tem como principal ferramenta reduzir significante a carga de trabalho quando é necessária durante um procedimento de descida rápida.

O modo AED é acionado quando a pressão da cabine cai abaixo de um limite predeterminado. Depois de alertar a tripulação de voo, o sistema aciona o piloto automático para levar a aeronave a uma altitude mais baixa e segura, se não houver reação da tripulação dentro de 15 segundos.

Figura 8 – Procedimento de descida de emergência exibida no *Flight Mode Annunciator* (FMA)



Fonte: Airbus (2018).

2.6 O FUTURO DA AUTOMAÇÃO

Segundo o Instituto de Tecnologia Aeroespacial da Universidade de Malta(2017), atualmente as grandes aeronaves comerciais incluindo as que são produzidas pela Airbus e Boeing, continuam com sistemas de interação convencional para os anônimos como o *Flight Control Unit* (FCU) ou MCP no caso de aeronaves da Boeing para o controle do piloto automático, o CDU para o gerenciamento do voo. Informações do status da aeronave e seus vários sistemas são exibidos nos *Primary Flight Display* (PFD) e *Navigation Display* (ND).

Muito trabalho tem sido feito ao longo da última década para introduzir novas formas de interação na cabine de comando como tecnologia *Touchscreen* e comandos por voz.

Existe uma série de vantagens nesse tipo de interação como sendo mais intuitivo, verificar o status e comandar ações em uma mesma tela além de executar comandos precisos durante voos turbulentos, além disso o sistema pode ser colocado à frente de cada piloto sendo possível a interação com diferentes sistemas em uma única interface sem precisar ativar diferentes controles em áreas diferentes da cabine de comando.

Figura 9 – Conceito de interface Touchscreen



Fonte: L-Università ta' Malta (2017).

Outra forma de interação que pode ser introduzido é o controle por voz também conhecido como *Direct Voice Input* (DVI). O controle por voz possui inúmeros benefícios como executar comandos sem efetivamente colocar as mãos podendo utilizá-las para executar outras tarefas além disso os pilotos não precisam olhar para dentro do *cockpit*. Por outro lado,

esse modelo apresenta muitos desafios como compreender diferentes sotaques e entonações, no entanto esse tipo de tecnologia já é utilizada em caças militares como o caça *Eurofighter*, modelo *Typhoon* (EUROFIGHTER, 2016).

Uma das vantagens do DVI explorado neste projeto é a possibilidade de reconhecer comandos emitidos pelo piloto ao reconhecer e cotejar as instruções emitidas pelo Controle de Tráfego Aéreo (ATC). Por exemplo, se o ATC solicita que a tripulação voe em uma determinada direção, o piloto repetirá a instrução de direção de volta ao ATC e o aplicativo DVI reconhecerá o comando de direção do piloto. Então, tudo o que o piloto precisa fazer é executar o comando. Portanto, isso tem o potencial de reduzir a carga de trabalho da tripulação (UNIVERSITY OF MALTA, 2017).

Mas, ainda segundo a Universidade de Malta (2017), para garantir que o controle de voz possa ser aplicado ao ambiente da cabine de pilotagem de uma maneira aceitável para os pilotos, embora seja compatível com os procedimentos e operações atuais da cabine de comando, o aplicativo DVI precisa atender a uma série de requisitos desafiadores.

Faz-se necessário incluir fraseologia padrão, flexibilidade, robustez e precisão de reconhecimento, tempo de resposta e segurança para melhor definir o processo.

Os comandos de voz foram definidos para vários aspectos do controle de voo, ou seja, controle de piloto automático via FCU, incluindo: ligar ou desligar o piloto automático, ativar modos diferentes de piloto automático e selecionar valores-alvo para velocidade, direção, altitude e velocidade.

Quadro 1 – Comandos de voz para o controle do Piloto Automático

Autopilot ON/OFF	Switch the first autopilot ON	AUTOPILOT ONE ON	
	Switch the second autopilot OFF	AUTOPILOT TWO OFF	
Speed mode	Engage Selected speed mode	SELECT SPEED	
	Engage Managed speed mode	MANAGE SPEED	
Target speed	Set speed in knots	SET SPEED 2-50 KNOTS	
		SPEED 2-5-0	
		SET 2-50 INDICATED	
		INCREASE 2-50 KNOTS	
	Set speed in Mach	SET SPEED DECIMAL-7-8	
	Maintain present speed	MAINTAIN PRESENT SPEED	
Heading mode	Engage Selected heading mode	SELECT HEADING	
	Engage Managed heading mode	MANAGE HEADING	
Target heading	Specify absolute heading	SET HEADING 1-3-5 DEGREES	
		SET HEADING 1-3-5	
		HEADING NORTH	
		TURN LEFT HEADING 1-3-5	
		LEFT HEADING 1-3-5	
Vertical mode	Specify relative heading change	LEFT 10 DEGREES	
		RIGHT 90 DEGREES	
Target altitude	Engage Managed climb mode	MANAGE CLIMB	
		Engage Open climb mode	OPEN CLIMB
		Engage Managed descent mode	MANAGE DESCENT
		Engage Open descent mode	OPEN DESCENT
Target altitude	Set altitude in feet	SET ALTITUDE 5000 FEET	
		SET ALTITUDE 5000	
		STOP CLIMB 5000 FEET	
	Set altitude in Flight Level (FL)	SET FLIGHT LEVEL 0-9-0	
		DESCEND FLIGHT LEVEL 9-0	
Level off the aircraft	LEVEL OFF		
Stop the descent	STOP DESCENT NOW		

Fonte: University of Malta (2017).

A Universidade de Malta (2017) conclui que a tecnologia DVI faz parte de uma solução maior, projetada para fornecer aos pilotos vários modos de interação com sistemas aviônicos. Os próximos passos serão focados na aplicação do DVI em outras áreas funcionais incluindo gerenciamento de voo, comunicação e execução de *checklists*, integração do controle de voz com a interface *touchscreen* para um sistema integrado completo.

Tecnologia, automação e aviação tem tudo a ver, afinal, o próprio avião já foi uma grande invenção tecnológica, mas, ainda assim, esse setor enfrenta constantes desafios para manter a confiabilidade dos serviços prestados a milhares de usuários. Tanto as companhias aéreas quanto os aeroportos devem procurar maneiras de gerenciar os riscos.

Portanto, faz-se necessário no capítulo 3 abordar sobre o treinamento para o gerenciamento da automação, que possibilita a confiabilidade requerida quando ocorrem mudanças na dinâmica da cabine de comando e novas tarefas de gerenciamento impostas às tripulações. O treinamento contínuo ativo a memória sendo uma fonte de informações obtidas pela vivência e repetição das ações programadas e estudo e contribuem para a formação da performance do piloto frente aos desafios da função.

3 O TREINAMENTO PARA GERENCIAMENTO DA AUTOMAÇÃO

Com as tecnologias de automação empregadas na aviação, conduzir uma aeronave vai além de uma atividade puramente mecânica, a pilotagem de aeronaves envolve a consciência e o gerenciamento de uma série de fatores e variáveis que interferem, direta ou indiretamente, na performance do piloto, na aeronave e na própria segurança de voo. Em função do crescente processo de automação das aeronaves criou-se um novo paradigma na relação homem-máquina e no conceito de voar

O processo de padronização e a constante manutenção de melhoria dos padrões do sistema de gerenciamento rotineiro da atividade contribui para produzir o resultado que se espera na segurança sendo o treinamento um requisito fundamental.

O desenvolvimento desse capítulo será dividido em três seções onde serão apresentados os temas que compõe o estudo em tela.

Na primeira seção será abordado a definição de automação.

Na segunda seção intitulada Por que automatizar? apresentará com a pilotagem de um avião com tecnologia embarcada é muito mais fácil e segura do que de um aparelho convencional.

Na terceira seção sobre o treinamento apresentará a importância do treinamento e CRM como ferramenta para desenvolver as habilidades operacionais dos pilotos favorecendo a tomada de decisões seguras.

3.1 DEFININDO A AUTOMAÇÃO

O Dicionário Cambridge define automação como “operar máquinas ou computadores, a fim de reduzir a quantidade de trabalho feito por seres humanos e o tempo necessário para fazer o trabalho”. (CAMBRIDGE, 2019)

Para efeitos de estudo, propõe-se a seguinte definição de automatização da cabine de pilotagem: a atribuição a maquinaria, por escolha da tripulação, de algumas tarefas ou parte das tarefas desempenhadas pela tripulação humana às máquinas. Incluídos nesta definição estão os sistemas de alerta que substituem ou aumentam o monitoramento humano e a tomada de decisões.

Embora as melhorias no desempenho e na segurança tenham sido dramáticas, a propagação implacável da automação e dos sistemas automatizados não ficou isenta de

problemas. À medida que a automação se estabeleceu e a confiabilidade foi comprovada, ocorreu uma mudança na dinâmica da cabine de comando, à medida que esses sistemas receberam mais autoridade e autonomia, e novas tarefas de gerenciamento e supervisão foram impostas às tripulações. (SARTER, 1994).

3.2 POR QUE AUTOMATIZAR?

Segundo Branco Filho (2019), a resposta tem duas fortes justificativas: segurança operacional e redução de custos. A automação está presente em vários sistemas de uma aeronave, como *autobrake*, *autopilot*, *autothrottle*, *autoland*, etc, mas aqui vamos nos concentrar apenas em controles de voo. No aspecto da segurança, um avião equipado com sistema de controle de voo *Fly-by-Wire* (FBW) pode incorporar proteções no envelope de voo que evitam, por exemplo, que o avião estole, que ultrapasse velocidade máxima ou o fator de carga limite. São características desejáveis para a segurança operacional.

No quesito custo, é conhecido o fato que, quanto mais recuado o centro de gravidade de uma aeronave, menor a força exercida para baixo pelo conjunto estabilizador horizontal e, conseqüentemente menor o arrasto e melhor o consumo. Todas as companhias aéreas estão muito interessadas em aviões com consumo mais baixo. Acontece que o deslocamento do centro de gravidade para trás reduz a estabilidade em arfagem, eventualmente dificultando a pilotagem. Entretanto, atualmente é possível projetar um avião com a desejada estabilidade diminuída (mais econômico) e que seja pilotável com facilidade, pois a perda de estabilidade pode ser compensada pelas leis de controle de um sistema FBW. (BRANCO FILHO, 2019).

Ainda para Branco Filho (2019), outra vantagem do sistema FBW é a similaridade de comportamento de aviões diferentes. Como a resposta do avião é regulada por um software de controle de voo, é possível fazer com que aviões diferentes tenham o mesmo tipo de resposta, o que é extremamente desejável pelas companhias aéreas para diminuir o custo de treinamento das tripulações. A pilotagem de um avião com controles eletrônicos é muito mais fácil e segura do que de um aparelho convencional. Como é um sistema regido por software, o fabricante pode incorporar proteções para manter a aeronave dentro de certos limites que serão escolhidos no projeto. Por exemplo, o avião nunca deve chegar ao ângulo de ataque de estol. Por mais que o piloto mantenha o manche puxado para trás, o sistema detecta a proximidade do estol – por sensores de ângulo de ataque - e começa a diminuir a deflexão do profundor para que o ângulo

de ataque de estol nunca seja atingido. É uma proteção muito bem-vinda para a segurança operacional.

3.3 TREINAMENTO

Marras (2009) define treinamento como um processo de assimilação cultural a curto prazo, que objetiva repassar ou reciclar conhecimentos, habilidades ou atitudes relacionadas diretamente a execução de tarefas ou à sua otimização no trabalho.

O homem é um manipulador lento para atuar, ou seja, diante de uma situação imprevisível, sua mente irá reagir rapidamente, porém a reação virá com certo atraso.

Segundo Tarnowski, (2003), “o homem é também um manipulador impreciso. Sendo assim, faz-se necessária a adoção de programas de treinamento árduos, de modo a arquitetar certa habilidade, para alcançar movimentos eficientes, consistentes e precisos.

Reginatto (2004) reafirma essa ideia quando diz que o treinamento ajuda as pessoas a serem mais eficientes, evitando erros, melhorando atitudes e alcançando maior produtividade, pois, por meio dele, podia-se aprender fazendo, reavaliando e mudando comportamentos.

Bauer (2010) ressalta a importância do treinamento contínuo quando explica que a memória é uma fonte de informações obtidas pela vivência, treinamento e 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 ativada. Se não houver frequência ou esta for muito baixa, a memória sofre uma degradação, e o conhecimento absorvido pode ser esquecido total ou parcialmente. Neste sentido, o *checklist* tem fundamental importância para os pilotos na verificação dos itens que devem ser observados. Em situações que apresentam fatores estressores, poderá haver uma falha da memória, o uso do *checklist* se torna imprescindível, além de auxiliar no auto monitoramento do voo, deixando-o mais seguro.

Para Rodeguero (2013), um mau julgamento pode ser reduzido, porém, são necessários treinamentos de emergências comuns, os que oferecem maior probabilidade de ocorrer, e situações de pane mais difíceis de serem solucionadas em um ambiente simulado e devidamente instruído por instrutores experientes, de modo que os pilotos fiquem habituados com tais procedimentos e estejam preparados para possíveis ocorrências em situações reais.

É sabido que o erro humano não pode ser totalmente eliminado, por isso é importante a prática de treinamentos em que os pilotos desenvolvam habilidades e procedimentos apropriados para a identificação de erros, tudo isso deve estar aliado a um bom

gerenciamento de recursos disponíveis uma cabine onde cabe aos pilotos adequarem o nível de automação para cada fase do voo.

3.3.1 Crew Resource Management (CRM)

O *Crew Resource Management* (CRM) tem início desde os primórdios da aviação de transporte onde os riscos devido a falhas mecânicas eram mais proeminentes e as aeronaves eram menos confiáveis. A maioria das ameaças era clara e externa ao humano encarregado de operar a máquina. Os primeiros capitães de companhias aéreas eram artistas solitários cujas habilidades técnicas eram aguçadas pela necessidade absoluta. Sua seleção, seu ambiente e sua cultura reforçavam personalidades fortes e independentes e tomadas de decisão individuais e isoladas. À medida que as grandes aeronaves se tornaram mais complexas, um único piloto não pôde mais operar a aeronave. (SHIVELY; LACHTER; KOTESKEY; BRANDT, 2018)

No final das décadas de 1960 e 1970, os acidentes de transporte devido a falhas mecânicas diminuíram drasticamente. Os avanços na tecnologia da aviação, como motores a jato, aniônicos modernos e maior automação, reduziram tanto a taxa de acidentes que agora se descobriu que a maioria das novas ocorrências estava relacionada à tripulação. Assim, mais melhorias de segurança poderiam ser encontradas com mais facilidade dentro da equipe humana. (KANKI, 2010).

Um estudo inovador, conduzido por RUFFEL (1979), sugeriu uma correlação entre o estilo de liderança e comunicação do comandante com o desempenho geral da tripulação. Durante os anos 80, a indústria e o governo se uniram para formar o que era na época, uma nova disciplina do treinamento da equipe de aviação chamada *Cockpit Resource Management*, ou CRM. À medida que evoluía e se tornava reconhecido como aplicável à grande comunidade da aviação, foi renomeado para *Crew Resource Management*. O CRM foi definido como usar todos os recursos disponíveis - informações, equipamentos e pessoas - para obter operações de voo seguras e eficientes.

Nos anos 90, os programas de treinamento em CRM foram introduzidos nas principais companhias aéreas e em unidades de aviação militar. Os tópicos desses seminários em sala de aula geralmente incluíam avaliações de personalidade e estilo de liderança. Embora essas avaliações possam ter sido bons medidores de desempenho, assim não permitiram necessariamente uma mudança comportamental real. O real objetivo do treinamento era uma mudança de atitude na cabine de comando para melhorar o gerenciamento da automação. (SHIVELY; LACHTER; KOTESKEY; BRANDT, 2018).

Hoje, o treinamento em CRM ainda inclui um seminário de doutrinação onde estão incorporadas em todos os aspectos do treinamento dos tripulantes, que são treinados e avaliados juntamente com as habilidades técnicas em todas as oportunidades de treinamento. A doutrina atual do CRM usa o conceito de *Threat and Error Management* (TEM), que funciona basicamente com o gerenciamento de ameaças e erros, seja ele erro humano e ameaças externas. O TEM busca envolver a equipe na busca ativa dessas ameaças e erros inevitáveis e, em seguida, através do uso de habilidades de CRM, para evitar, minimizar ou corrigi-las. O objetivo do CRM é a otimização da equipe humana. Se a tarefa está executando uma lista de verificação, monitorando um procedimento operacional padrão, liderando a equipe ou seguindo atentamente a direção do líder, o ponto principal é que os membros da equipe se formem e tenham um desempenho ideal e em sinergia. (SHIVELY; LACHTER; KOTESKEY; BRANDT, 2018).

Um dos treinamentos que exercitam um CRM eficiente é o Treinamento de Voo Orientado para a Linha. O LOFT consiste em um voo simulado, em que são criadas situações adversas para que a tripulação trabalhe em equipe para solucionar problemas e ajudar nas tomadas de decisões. Esse treinamento é constantemente avaliado para a identificação de possíveis falhas ou erros de maneira que esses possam ser corrigidos permitindo assim a sedimentação da cultura de segurança da empresa, um aprimoramento contínuo e um elevado desempenho da tripulação.

3.3.2 Obrigatoriedade do treinamento

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) estabelece no seu documento RBAC121.404 que rege as companhias aéreas a obrigatoriedade deste treinamento visto o tamanho de sua importância no que se refere ao desempenho dos tripulantes.

Segundo a ANAC, nenhum detentor de certificado pode empregar uma pessoa como tripulante de voo, comissário ou despachante, a menos que esta pessoa tenha completado o treinamento inicial aprovado de gerenciamento de recursos de cabine CRM, provido por este ou por outro detentor de certificado segundo este regulamento. (BRASIL, 2019)

Estabelece ainda no documento IAC 060-1002A, como deve ser o desenvolvimento, implantação, consolidação e avaliação do Treinamento em Gerenciamento de Recursos de Equipes (CRM) a todas as organizações que operam segundo os Regulamentos Brasileiros de Homologação Aeronáutica. Expõe detalhes que deve ser abordado como:

- Processo de Comunicação e Tomada de decisão, este tópico inclui tanto influências externas como internas em comunicações interpessoais. Os fatores externos englobam barreiras na comunicação, tais como a posição hierárquica, a

idade, o sexo e a cultura organizacional, entre outros temas. Entre os fatores internos, pode-se destacar as habilidades para a escuta ativa e a tomada de decisão, bem como para a resolução de conflitos, a assertividade e a defesa da própria opinião.

- Briefings, técnica centrada na abordagem tanto de temas operacionais padronizados como interpessoais, no início de cada jornada de trabalho ou tarefa, visando enfatizar procedimentos, antecipar contingências e estabelecer comunicações abertas e multilaterais.
- Questionamento/Assertividade, técnica que se reflete nos benefícios do questionamento adequado, aliado a um posicionamento firme e preciso em prol da segurança do voo, mesmo que este envolva opiniões técnicas conflitantes.
- *Debriefings*, mostrar o valor da revisão, do *feedback*, da crítica e da autocritica das decisões e ações que se focalizam no processo e nas pessoas envolvidas. Uma das melhores técnicas para reforçar práticas operacionais é o *debriefing* das atividades, comparando procedimentos apropriados e inapropriados, como forma de fixar os primeiros e aprimorar a segurança das operações em futuras ocorrências.
- Resolução de Conflitos, uso das técnicas de resolução de conflitos de opinião em relação a diversos aspectos operativos, mantendo uma comunicação aberta, efetiva e eficaz. (BRASIL, 2005).

Um dos programas que acompanha o desempenho dos tripulantes é a Auditoria de Segurança nas Operações de Linha. O LOSA consiste em um observador treinado que viaja a bordo de uma aeronave e acompanha a operação da tripulação em um determinado voo a fim de coletar dados do seu desempenho e fatores operacionais. Este tem o objetivo de verificar se estão sendo mantidos os padrões operacionais. Os dados sigilosos, logo a tripulação não é punida por realizar algum erro. O LOSA tem o objetivo de verificar a aderência aos programas de treinamento propostos, elaborar medidas para mitigar os perigos em uma operação de linha aérea criando um nível elevado de segurança de voo.

A importância e obrigatoriedade desse treinamento reflete diretamente para aumentar o nível de segurança do setor aéreo seja ele nacional ou internacional, criando padrões e métodos onde a troca constante de tripulantes de voo pode ocorrer sem maiores problemas pois todos seguem as mesmas doutrinas e possuem o mesmo padrão operacional.

O treinamento depende de sua manutenção para promover a eficácia e eficiência das funções sendo necessário monitoramento contínuo com relação: à estrutura do treinamento, facilitador; e à tripulação. Sua importância se destina a trocas de experiências entre pilotos, comissários, mecânicos e facilitadores sobre políticas e padrões operacionais da companhia.

O próximo capítulo destina-se ao estudo de caso sobre um acidente aéreo onde ocorre falhas nos procedimentos adotados pela tripulação técnica. Em todas as áreas aprende-se sempre com os erros cometidos, porém na aviação esses ensinamentos são levados a um nível onde medidas devem ser colocadas em prática contribuindo decisivamente para evitar futuras perdas.

4 ANÁLISE DO ACIDENTE AIRASIA

O acidente do Airbus AirAsia 8501 modelo A-320 ocorre quando a tripulação não reage a uma falha segundo as maneiras previstas.

Segundo Branco Filho (2019), em dezembro de 2014 uma aeronave de modelo Airbus A-320 e código de chamada AirAsia 8501, estava em um voo de cruzeiro noturno estabilizada a 32.000ft, quando o painel de alarmes alertou sobre uma falha do sistema limitador do leme direcional. Tal dispositivo atua restringindo a deflexão total do leme em altas velocidades, a fim de evitar um excesso do limite estrutural na deriva. Nesta situação os procedimentos operacionais determinam que os tripulantes reiniciem dois computadores de voo *Flight Augmented Computer* (FAC) através de botões localizados no painel superior da cabine de comando. A tripulação tentou executar esse procedimento por três vezes, mas sem êxito. A mensagem voltou a ocorrer pela quarta vez, nesse momento a tripulação realizou um procedimento que tinha visto ser feito pela equipe de manutenção no solo: desligaram e ligaram dos *Circuit Breakers* (CB's) dos Computadores de Voo.

Esse procedimento não era previsto em voo e desativou os FAC de um modo diferente do correto que é acionado pelo botão no painel superior. Resultando no desligamento do piloto automático, controle automático de empuxo e na reversão do sistema eletrônico de comandos de voo FWB para o modo alternado. Por instantes os tripulantes concentraram sua atenção para a série de mudanças ocorridas e deixaram de lado o controle da aeronave.

Sem o piloto automático e ninguém controlando a aeronave a mesma começou a se inclinar suavemente para a esquerda, quando um dos pilotos percebeu, atuou de maneira enérgica no manche aumentando arfagem até cerca de 45 graus cabrados. A aeronave subiu com elevada razão até atingir 38.000ft de altitude com uma velocidade de 55 KIAS.

Sem sustentação a aeronave começou a perder altura, com uma razão de descida de mais de 12.000 ft/min, enquanto o piloto mantinha o manche na posição cabrada para tentar deter, sem sucesso, a queda. A aeronave com 162 ocupantes colidiu no mar sem deixar sobreviventes.

A tripulação do AirAsia não seguiu os procedimentos descritos no SOP, conseqüentemente não soube gerenciar a situação anormal decorrente de um procedimento realizado que não era previsto ou conhecido. Isso acarretou um comportamento anormal da aeronave decorrente das ações e julgamentos errôneos aplicados, pois não estavam previstos em manuais ou *checklist*. Após a falha dos sistemas não foi aplicado também o conceito do *Operations Golden Rules*, uma vez que a tripulação se preocupou em identificar o problema ao

invés de simplesmente voar a aeronave. Relembrando que segundo a Airbus (2004) sempre deve-se utilizar o nível de automação apropriado e tomar o controle caso as coisas não aconteçam como esperado.

O relatório de investigação aponta, entre outras causas, a “incapacidade da tripulação de controlar o avião em modo alternado das leis de controle de voo, resultando em extrapolação do envelope normal de voo e uma condição de estol”.

Segundo *Komite Nasional Keselamatan Transportasi* (2014), órgão da Indonésia responsável pela investigação do acidente envolvendo AirAsia 8501 foram criadas diversas recomendações para os operadores da aeronave, Diretório Geral da Aviação Civil, fabricante da aeronave, A agência de aviação civil dos Estados Unidos. Dentre eles as recomendações relacionadas a treinamento são:

- Aprimoramento da comunicação e treinamento em CRM baseado em evidências; Treinamento e campanha para gerenciamento de estresse em incidentes críticos. Vigilância interna da conformidade e aderência ao SOP.
- Revisão do cronograma e plano de estudos padrão do treinamento de transição de jatos para preencher qualquer lacuna ou falta de conhecimento para operar o Airbus A320, treinamento de recuperação de estol, revisão de voo em alta altitude, manuseio manual de voo, gerenciamento de ameaças e erros, e política anual de verificação de proficiência.
- O KNKT recomenda que a AirAsia enfatize novamente a importância da padronização de *Call-Outs* em todas as fases do voo.
- O KNKT recomenda que a Direção Geral da Aviação Civil, garantir a implementação do treinamento da tripulação de voo pelos operadores aéreos, esteja de acordo com o manual de operações aprovado.
- O KNKT recomenda que a Direção-Geral da Aviação Civil garanta que os operadores aéreos realizem treinamento de recuperação de atitude anormal em simulador de maneira oportuna. (KNKT, 2014).

É de extrema importância ressaltar que existem convenções e resoluções internacionais para padronizar procedimentos de apuração, análise e recomendações, sempre com o objetivo de evitar a recorrência de casos. Nem um relatório de investigação tem como objetivo apontar causas ou culpados por um acidente, mas sim de identificar os fatores contribuintes visando a formulação de recomendações sobre a segurança, com o propósito de prevenir novos acidentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, objetivou-se analisar como os treinamentos e a padronização propiciam o aumento da segurança de voo e elevam a melhoria nos processos de tomada de decisão. Em relação à metodologia utilizada, esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso do tipo descritivo com abordagem qualitativa. Em relação a coleta de dados, trata-se de uma pesquisa bibliográfica e documental.

Sabe-se que os *cockpits* contam hoje com um nível de automação cada vez mais alto com intuito de aumentar os níveis de segurança e reduzir os custos operacionais. Para que o potencial seja alcançado é preciso que os pilotos operem os equipamentos de forma eficiente, criando uma nova dinâmica na relação homem x máquina x meio, requerendo assim uma maior qualidade cognitiva dos tripulantes que devem ser promovidas através de treinamentos para tais funções.

Em relação aos objetivos específicos:

a) Identificar as tecnologias disponíveis hoje a bordo das aeronaves comerciais e as novas ainda a serem implementadas, foi possível perceber que a automação e a tecnologia estão em constante aprimoramento e os treinamentos devem seguir essa dinâmica, pois a capacitação é de fundamental importância para o sucesso operacional e a manutenção dos níveis de segurança de voo, pois arquiteturas de sistemas diferentes requerem variadas técnicas de operações e de respostas ao erro e o conhecimento para um tipo de painel, por exemplo, *glass cockpit* não é aplicável a outros modelo. A falta ou deficiência de treinamento afeta o gerenciamento e a tomada de decisões, isso em condições que interferem nas habilidades cognitivas dos tripulantes.

Diante dos estudos teóricos realizados de obras renomadas acerca do tema em tela, pode-se afirmar, que a avaliação corriqueira dos tripulantes, seja internamente nas empresas aéreas, seja pelos órgãos reguladores, é uma forma de garantir aderência aos procedimentos e avaliar se o treinamento foi realizado dentro dos padrões definidos e que todos os itens operacionais normais e anormais foram apresentados e praticados pelos tripulantes em simulador com resultado satisfatório para o gerenciamento de uma cabine.

b) Ao identificar quais as contribuições da automação para o aumento da segurança de voo e verificar como o *design* e ergonomia contribuem para a interação homem x máquina, contou-se que a automação para os engenheiros e técnicos é a maior preocupação, pois ela

precisa oferecer como informações precisas e confiáveis por meio de uma interface e devem garantir que as telas e os controles sejam compatíveis com os recursos humanos e as necessidades das tarefas.

c) Ao analisar quais ferramentas de treinamento auxiliam na padronização para um correto gerenciamento do sistema de automação conclui-se que conhecer as novas ferramentas, em constante mudança propicia o uso procedimentos de segurança e otimização da operação diária na aviação. É importante a prática de treinamentos em que os pilotos desenvolvam habilidades e procedimentos apropriados para a identificação de erros, tudo isso deve estar aliado a um bom gerenciamento de recursos disponíveis da cabine onde cabe aos pilotos adequarem o nível de automação para cada fase do voo.

d) Ao analisar um acidente aeronáutico de grande repercussão que tem ligação direta com o mau gerenciamento do sistema de automação conclui-se que após a falha dos sistemas não foi aplicado também o conceito do *Operations Golden Rules*, uma vez que a tripulação se preocupou em identificar o problema ao invés de simplesmente voar a aeronave e utilizar o nível de automação apropriado sendo previsto tomar o controle manual da aeronave caso as coisas não aconteçam como esperado. O relatório de investigação aponta, entre outras causas, a “incapacidade da tripulação de controlar o avião em modo alternado das leis de controle de voo, resultando em extrapolação do envelope normal de voo e uma condição de estol”.

Portanto, para responder a problemática apresentada de como fator humano é peça chave no processo de automação na aviação e como o treinamento e as ferramentas de padronização auxiliam a tripulação a obterem níveis de segurança elevados? Constatou-se que como o avião se tornou um meio de transporte muito seguro, a confiabilidade na segurança do transporte aéreo aumentou, pela quantidade de acidentes que vem se tornando cada vez mais raros, de modo a se tornarem acontecimentos excepcionais. E isso deve-se a importância do desenvolvimento tecnológico com automação nos processos da aviação, aliado à prática de treinamentos e capacitações que promovem o êxito do gerenciamento da cabine, aumento considerável da segurança do voo.

Por fim, as limitações da pesquisa se encerram numa visão técnica do gerenciamento de controle da cabine diante da ação humana, através dos treinamentos seja em sala de aula, seja em simuladores de voo, como foco da preocupação desse pesquisador e sugiro que, aliado a esses fundamentos de estudo, possa auxiliar a outras investigações como as condições meteorológicas, tráfego aéreo, falta de planejamento, pressões de trabalho, motivos que podem leva-los a decisões equivocadas ou precipitadas, tornando o processo de identificação e combate

aos erros falhos e colocando em risco as operações aéreas. Os erros de decisão operacional não são intencionais, mas também podem comprometer a segurança da operação.

REFERÊNCIAS

- AIRBUS. **Airbus Developed A350 XWB Safety Feature Enables Automated Emergency Descents**, 2018. Disponível em: <https://www.airbus.com/newsroom/news/en/2018/03/airbus-developed-a350-xwb-safety-feature-enables-automated-emerg.html>. Acesso em: 25 jul. 2019.
- AIRBUS. **Worldwide Instructor News**. What About Auto Emergency Descent Function on A350, 2018. Disponível em: <https://www.airbus-win.com>. Acesso em: 24 out. 2019
- AIRBUS CUSTOMER SERVICES. **Flight Operations Briefing Notes. Standard Operating Procedures. Operations Golden Rules**, 2004. Disponível em: http://www.smartcockpit.com/docs/Golden_Rules.pdf. Acesso: 26 de ago. de 2019
- AIRLINERS.NET. **Boeing 737-130 NASA 2001**. Disponível em: <https://www.airliners.net/photo/NASA/Boeing-737-130/133892>. Acesso em: 24 out. 2019
- ATR TRAINING CENTER. **System Glass Cockpit 600 Standar 2**. France, 2016.
- AVIATION SAFETY NETWORK 2017. **Fatal Airliner Accidents Per Year 1946-2017**. Disponível em: <https://aviation-safety.net/graphics/infographics/Fatal-Accidents-Per-Year-1946-2017.jpg>, Acesso em: 27 ago. 2019
- 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: 05 out. 2019.
- BILLINGS, C. E. (1991). **Human-centered aircraft automation philosophy** (Tech. Memo. No. 103885). Moffett Field, CA: NASA Ames Research Center.
- BRASIL. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil RBAC No 121 Emenda No 07**. Requisitos Operacionais: Operações Domésticas, de Bandeira e Suplementar. Resolução no 526, de 6 de agosto de 2019. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-121/@@display-file/arquivo_norma/RBAC121EMD07%20-%20Versão%20em%20vigor%20até%2004.12.2019.pdf. Acesso: 04 de out. de 2019
- BRASIL. **Instrução de Aviação Normativa, IAC 060-1002A, 2005**. Treinamento em Gerenciamento de Recursos de Equipes (Corporate Resource Management – CRM). 14 Abr 2005. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/iac/iac-060-1002a/@@display-file/arquivo_norma/IAC060_1002A.pdf. Acesso em: 07 set. 2019.
- CAMBRIDGE Dictionary 2019. Disponível em: <https://dictionary.cambridge.org/pt/dicionario/ingles-portugues/automate?q=automation> Acesso em: 25 jul. 2019.
- DAVID BRANCO FILHO 2019. **Reféns da Automação – FLY-BY-WIRE**. Disponível em: <https://culturadesegurancadevoo.blogspot.com>. Acesso em: 08 out. 2019.
- DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO, 2019. Disponível em: <https://www.aisweb.aer.mil.br/?i=aerodromos&codigo=SBRJ> Acesso em: 05 nov. 2019.

ENHANCED FAA OVERSIGHT COULD REDUCE HAZARDS ASSOCIATED WITH INCREASED USE OF FLIGHT DECK AUTOMATION, 2017 (Report Number: AV-2016-013 Date Issued: January 7, 2016). Disponível em: https://www.oig.dot.gov/sites/default/files/FAA%20Flight%20Decek%20Automation_Final%20Report%5E1-7-16.pdf Acesso em: 25 jul. 2019.

EUROFIGHTER **The Human Factors**. (2016). Disponível em: <https://www.eurofighter.com/news-and-events/2016/08/the-human-factor>. Acesso em: 06 set. 2019.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION(FAA). **Enhanced FAA Oversight Could Reduce Hazards Associated With Increased Use of Flight Deck Automation**: Report Number AV-2016-013, 2016. Disponível em: https://www.oig.dot.gov/sites/default/files/FAA%20Flight%20Decek%20Automation_Final%20Report%5E1-7-16.pdf. Acesso em: 06 set. 2019.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184p

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **Word Air Transport Statistics Released**. Disponível em: <https://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2018-09-06-01.aspx>. Acesso em: 27 ago. 2019

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. (ICAO). **Human Factors Training Manual**: Doc 9683 AN/950. Montreal: ICAO, 1998.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. (ICAO). **Human Factors Digest No. 5, Operational Implications of Automation in Advanced Technology Flight Decks**: Circular 234. Montreal: ICAO, 1998.

KANKI, B. G.; HELMREICH, R. L.; ANCA, J. **Crew resource management**. 2nd edn. Academic Press, San Diego, 2010.

KNKT. **PT. Indonesia Air Asia Airbus A320-216; PK-AXC**, 2014. Disponível em: http://www.aaiu.ie/sites/default/files/FRA/KNKT%20Indonesia%20Final%20Report%20PK-AXC%20Airbus%20A320-216%20Air%20Asia%20PT%20Indonesia%202015-12-01.pdf1002a/@@display-file/arquivo_norma/IAC060_1002A.pdf. Acesso em: 06 out. 2019.

L-UNIVERSITÀ TA' MALTA. **Future Cockpit**, 2017 Disponível em: <https://www.um.edu.mt/think/future-cockpit/>. Acesso em: 24 out. 2019

MARTINS JUNIOR. **Como escrever trabalhos de conclusão de curso: instruções para planejar e montar, desenvolver, concluir, redigir e apresentar trabalhos monográficos e artigos**. 3. ed. Petropolis (RJ): Vozes, 2009. 222p.

MARRAS, Jean Pierre. **Administração de recursos humanos: do operacional ao estratégico** / Jean Pierre Marras. – 13a ed. – SP: Saraiva, 2009.

MICHALISZYN, Mario Sergio; TOMASINI, Ricardo. **Pesquisa**: orientações e normas para elaboração de projetos, monografias e artigos científicos. 4. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro (RJ): Vozes, 2008. 215 p

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD (NTSB). **Introduction of Glass Cockpit Avionics into Light Aircraft. Safety Study**. Washington, DC, 2010.

Disponível em: <https://www.nts.gov/safety/safety-studies/Documents/SS1001.pdf/>. Acesso em: 25 ago. 2019.

PARASURAMAN, Raja; MOULOUA, Mustapha. **Automation and Human Performance: Theory and Applications**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 1996.

PEROVANO, Dalton Gean. **Manual de Metodologia Científica**. Paraná: Editora Juruá, 2014.

REASON, James. **Human Error**. New York: Cambridge University Press, 1990.

REGINATTO, Antonio Paulo. **Equipes campeãs**: potencializando o desempenho de sua equipe. 2. ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2004.

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

RUFFEL, Smith, H. P. **A simulator study of the interaction of pilot workload with errors, vigilance, and decisions**. NASA-TM-78482. NASA Ames Research Center, Moffett Field, 1979.

SANTOS, Antonio Raimundo dos. **Metodologia Científica**: a construção do conhecimento. 3. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2000.

SHIVELY, Robert J; LACHTER, Joel; KOTESKEY, Robert. Summer L. BRANDT. 2018. **Crew Resource Management for Automated Teammates (CRM-A)** Disponível em: [em:https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20180004774](https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20180004774). Acesso em: 07 set. 2019.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis, 2005.

STARTER, Nadine B. **Strong, Silent, and ‘Out-of-the-Loop’**: Properties of Advanced (Cockpit) Automation and Their Impact on Human-Automation Interaction. (Electronic Version) PhD Dissertation. Ohio State University. 1994. Disponível em: https://etd.ohiolink.edu/rws_etd/document/get/osu1241100682/inline. Acesso em: 07 set. 2019.

STARTER, Nadine B. WOOD, David D. **Pilot Interaction With Cockpit Automation 11**: An Experimental Study of Pilots' Model and Awareness of the Flight Management System. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19950038143>. 1994 Acesso em: 12 ago. 2019.

TARNOWSKI, Etienne. **Cockpit Automation Philosophy**. Blagnac, France, out. 2002. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a422301.pdf>. Acesso em: 16 out. 2016

UNIVERSITY OF MALTA. Institute of Aerospace Technologies, Msida, Malta. **Multi-modal Interaction between Pilots and Avionic Systems on-board Large Commercial Aircraft** (2017). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317801580_Multi-modal_Interaction_Between_Pilots_and_Avionic_Systems_OnBoard_Large_Commercial_Aircraft. Acesso em: 08 jul. 2019.

WALLACE, Lane E. **Two Decades With NASA Langley's 373 Flying Laboratory** Washington,D.C: NASA History Office, 1994.

SCHECK, William. **The Development of the Autopilot**. Aviation History Magazine. Ed. Nov. 2004. Disponível em: http://www.pilotfriend.com/training/flight_training/fxd_wing/autopilot%20history.htm. Acesso em: 25 ago.2019.