



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

GUSTAVO DUARTE

**OS IMPACTOS DA EVOLUÇÃO DO COCKPIT E DA AUTOMAÇÃO NOS
FATORES HUMANOS**

Palhoça

2020

Gustavo Duarte

**O IMPACTO DA EVOLUÇÃO DO COCKPIT E DA AUTOMAÇÃO NOS
FATORES HUMANOS**

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

Orientador: Prof. Antônio Carlos Vieira de Campos

Palhoça

2020

GUSTAVO DUARTE

**O IMPACTO DA EVOLUÇÃO DO COCKPIT E DA AUTOMAÇÃO NOS
FATORES HUMANOS**

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.

Palhoça, 10 de julho de 2020

Orientador: Prof. Antônio Carlos Vieira de Campos, ESP

Prof. Orlando Flavio Silva, ESP

RESUMO

O objetivo desse trabalho é verificar o impacto da evolução do cockpit e da automação nos fatores humanos. Sua natureza é de caráter bibliográfico, e conclusão qualitativa, feito por meio de levantamento de informações coletadas em livros, revistas e internet. Neste trabalho, o tema é abordado desde o início da aviação, com as primeiras aeronaves, até novas tecnologias desenvolvidas pelas próprias fabricantes, como por exemplo, o Falcon Eye. Também é descrito como se deu essa evolução ao longo dos anos, e o pensamento de como seria o cockpit ideal de acordo com sua era. Podemos observar que tal pesquisa é justificada pelo conhecimento de onde viemos, e para onde vamos. Finalizando o trabalho, podemos concluir que a evolução do cockpit é um fator natural, com o avanço de novas tecnologias, e que esse avanço estará sempre presente para auxiliar o piloto em todas as situações possíveis, exigindo apenas um maior grau de entendimento de como é o funcionamento de um cockpit completamente tecnológico, e sempre estando presente para diminuir a carga de trabalho, porém, por outro lado, aumentando o nível de gerenciamento por parte do piloto, mas sempre focando em segurança e um maior entendimento de tudo que está acontecendo ao seu redor.

Palavras Chave: Evolução. Tecnologia. Cockpit. Impacto.

ABSTRACT

The objective of this research project is to describe the impact of the evolution of the cockpit and automation on human factors. Its nature is of bibliographic character, and qualitative conclusion, made through survey of information collected in books, magazines and internet. In this research project, I will approach from the beginning of aviation, with the first aircraft, to new technologies developed by the manufacturers themselves, such as the Falcon Eye. It is also described how this evolution took place over the years, and the thinking of what the ideal cockpit would look like according to its era. We can also observe that such research becomes interesting, given the knowledge of where we came from and where we are going. Concluding the research, we can conclude that the evolution of the cockpit is a natural factor, with the advance of new technologies, and that this advance will always be present to assist the pilot in all possible situations, requiring only a greater degree of understanding of how it is the operation of a completely technological cockpit, and always being present to reduce the workload, however, on the other hand, increasing the level of management by the pilot, but always focusing on safety and a greater understanding of everything that is happening at the time around you.

Keywords: Evolution. Technology. Cockpit. Impact.

LISTA DE IMAGENS

Figura 1- 14 Bis	8
Figura 2- Boeing Stratoliner	9
Figura 3- De Havilland Comet	9
Figura 4 - G1000 - Plataforma digital para aviões	10
Figura 5- Exemplo de um cockpit de uma aeronave moderna	12
Figura 6- Layout e elementos de um cockpit moderno	20
Figura 7 - Cockpit convencional de uma aeronave de pequeno porte.....	21
Figura 8- Cockpit do ônibus espacial Atlantis.....	22
Figura 9- Cockpit do Boeing 787.....	24
Figura 10- Cockpit do Falcon.....	36
Figura 11- Modelo de uma impressora 3D para impressão de peças de avião.....	38
Figura 12 - Exemplo de peças de avião impressas em 3D	39

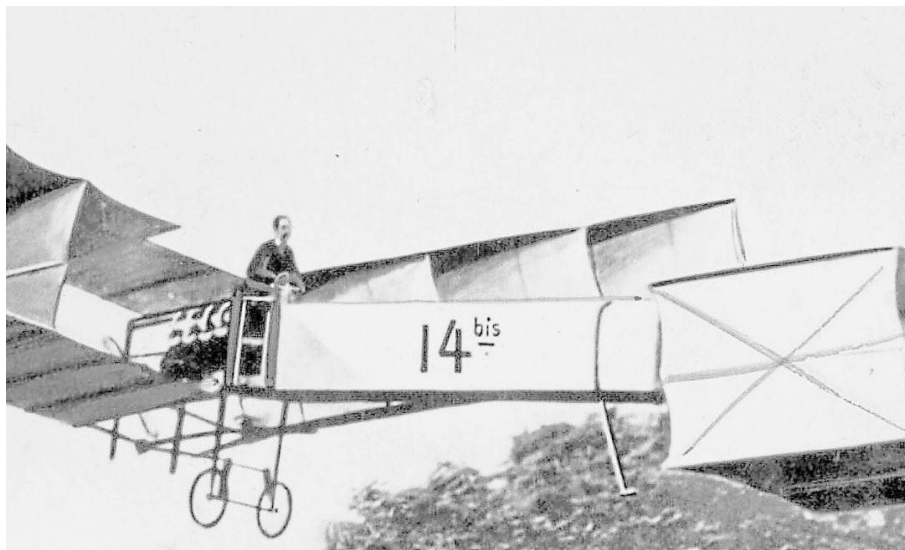
Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	8
1.1.	PROBLEMA DA 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	15
1.4.1.	Natureza e tipo da pesquisa.....	16
1.4.2.	Materias e métodos.....	16
1.4.3.	Recursos	16
1.4.4.	Cronograma.....	16
1.5.	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	16
2.	DESENVOLVIMENTO.....	18
2.1.	IMPACTOS COGNITIVOS.....	18
2.2.	IMPACTO NO DESEMPENHO DO PILOTO	18
2.3.	IMPACTO SENSORIAL	21
2.4.	A REVOLUÇÃO DO <i>COCKPIT</i> DE VIDRO	22
2.5.	O <i>COCKPIT</i> : INSTRUMENTOS E EVOLUÇÃO DE MANUFATURA.....	25
2.6.	AUTOMAÇÃO DO <i>COCKPIT</i> : VANTAGENS E DESAFIOS DE SEGURANÇA	
	27	
2.7.	RUMO AO <i>COCKPIT</i> TANGÍVEL.....	31
2.8.	O IMPACTO DA AUTOMAÇÃO DO <i>COCKPIT</i> NA SEGURANÇA DA	
	AVIAÇÃO	34
2.9.	UMA VISÃO SISTÊMICA PARA <i>COCKPITS</i> DO FUTURO	36
2.10.	<i>COCKPITS</i> : UMA NOVA FRONTEIRA IMPRESSORA 3D.....	38
3.	CONCLUSÃO.....	41
	REFERENCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

Antigamente, no início da aviação, as aeronaves eram desprovidas de instrumentos, assim os pilotos não tinham nenhuma referência para com ao seu redor, nem com o que estava acontecendo com sua própria aeronave, como por exemplo o 14 Bis, famoso avião de Santos Dumont, que realizou o primeiro voo do mundo, onde voou por duzentos metros, na data de 12/11/1906.

Figura 1- 14 Bis



Fonte: Aeroflap (2018).

Porém com o avanço da era, novas tecnologias foram sendo criadas, e se pensava, que quanto mais informação, e automaticamente, mais instrumentos o piloto tivesse em sua cabine, melhor seria para o voo. Assim, podemos observar na cabine de um Boeing 247, sendo considerado o primeiro avião de passageiros moderno, com painel giroscópio para instrumentos de voo e piloto automático.

Figura 2- Boeing Stratoliner

Fonte: air-and-space (2014)

Mas, ainda assim, ainda não era o suficiente, agora que estávamos entrando na era do jato, e novos instrumentos foram introduzidos na cabine de uma aeronave, como por exemplo, o Comet, aeronave a qual foi a primeira com motorização a jato, voando o dobro da velocidade das aeronaves da época, e contando ainda, com a necessidade de um engenheiro de voo, o de Havilland Comet é uma aeronave muito “poluída” visualmente, porém, em sua era, era considerada o supressumo da aviação.

Figura 3- De Havilland Comet

Fonte: aventurasnahistoria. uol.com. br (2019).

O rápido ritmo de introdução de dispositivos baseados em computador no cockpit superou a capacidade de designers, pilotos e operadores de formular uma estratégia geral para seu uso e implementação. Os profissionais de fatores humanos estão lutando para recuperar o atraso.

Os dispositivos em si são altamente confiáveis, mas aí pode estar o problema: eles também são burros e obedientes. Essa propriedade de dispositivos digitais e a falibilidade do operador humano criaram um problema na interface homem-dispositivo (DORNEICH, 2018). Colocar apenas mais um computador no cockpit não são a resposta. A solução virá de um esforço longo, caro e, às vezes, tedioso para desenvolver uma interface harmoniosa de automação de equipe, guiada por uma filosofia geral de design.

Um bom exemplo destes dispositivos são as plataformas Garmin 1000 (Figura 04). Responsáveis por simbolizar uma transição entre tecnologias relacionadas à aviação, o G1000 encontra-se atualmente nas principais aeronaves como King Air, Cessna Citation Mustang, e até mesmo aviões como Piper Matrix e helicópteros (UBIRATAN, 2014).

Figura 4 - G1000 - Plataforma digital para aviões



Fonte: Ubiratam (2014), modelo adaptado.

As aeronaves modernas dependem cada vez mais da automação para uma operação segura e eficiente. No entanto, a automação também tem o potencial de causar incidentes significativos quando mal interpretada ou mal interpretada. Além disso, a automação pode resultar em uma aeronave desenvolvendo um estado indesejável do qual é difícil ou impossível recuperar usando as técnicas tradicionais de voo com as mãos.

Subtende-se que o cockpit é a parte da aeronave que oferece visibilidade para frente e para os lados e abriga o (s) piloto (s) e outros membros da tripulação, por exemplo, em aviões de passageiros mais antigos com tripulação de voo de três ou em aeronaves militares que executam missões que exigem diferentes tarefas a serem executadas no cockpit (BARBOSA & JONAS, 2006).

Ao alcance da tripulação sentada, o cockpit contém todo o equipamento de exibição, controle e comunicação que os membros da tripulação precisam para operar e navegar a aeronave no solo e no ar, conversar com instalações no solo ou outras aeronaves e monitorar ou controlar a bordo sistemas e equipamentos (motores, tanques de combustível, ar condicionado, etc.).

Os cockpits de aeronaves nem sempre receberam ênfase adequada no processo de design da aeronave. Isso pode ser atribuído em parte à percepção do comprador (do cliente) sobre o que é importante, sem a contribuição suficiente dos operadores do dia-a-dia (pilotos de linha). Os proprietários têm se preocupado mais com motivos de lucro ou carga útil, como número de assentos de passageiros, capacidade de carga, quantidade de poder de fogo, velocidade, economia e afins, do que com os requisitos da cabine.

Portanto, os requisitos para os outros sistemas foram desenvolvidos bem à frente dos sistemas da cabine, resultando em sistemas de tripulação e acomodações da tripulação que frequentemente eram abaixo do ideal. Apesar dos projetos de sistemas de tripulação tipicamente ineficientes, os membros da tripulação acumularam um registro invejável de desempenho no trabalho e segurança de voo. Eles conseguiram isso através de treinamento adequado e demonstração de proficiência, engenhosidade e autodisciplina excelentes.

Uma mudança nos sistemas de tripulação filosofias, tecnologias e layouts de cockpit começaram nos últimos anos. Vários fatores foram influentes em causar essa mudança. Provavelmente o mais importante foi a rapidez com que as tecnologias avançadas aplicáveis aos sistemas de tripulação estavam se tornando disponíveis.

A comunidade de engenharia viu as vantagens de incorporar novas tecnologias - particularmente na área de aviônicos, com o objetivo de economizar peso e espaço, e ao mesmo tempo aumentar a confiabilidade e a capacidade de suporte (Figura 02). Os projetistas de sistemas de tripulação foram, portanto, capazes de começar a modernizar as estações de voo e foram até encorajados por outras disciplinas de design a incorporar novos sistemas de tripulação de tecnologia, como os CRTs; displays de

controle integrados para comunicações, navegação e transponders; e radares meteorológicos a cores digitais (TOMAZZONI, 2019).

Figura 5- Exemplo de um cockpit de uma aeronave moderna



Fonte: Ubiratam (2014), modelo adaptado.

Ao mesmo tempo, os operadores de aeronaves civis e militares maiores perceberam grandes economias de salários, benefícios de pessoal, equipamentos de bordo e peso operacional para cada membro da tripulação que poderia ser eliminado da tripulação do *cockpit*. Durante esse mesmo período, o ambiente operacional estava mudando para acomodar mais movimentos de aeronaves; isto é, novos sistemas de controle de tráfego aéreo e sistemas de missões militares estavam sendo adicionados - todos os quais precisavam ser acomodados no *cockpit*.

Quando o foco são os painéis de instrumentos localizado na frente ou entre os pilotos para exibir as informações necessárias para o controle de navegação e voo sempre foi uma característica de todos os tipos de aeronaves. Sem voltar até os irmãos Wright, cujo Flyer não tinha assento nem cockpit (o piloto simplesmente empoleirava-se ao ar livre entre as ripas e suportes que compunham a fuselagem da aeronave), é justo dizer que os painéis de instrumentos permaneceram razoavelmente básicos durante os primeiros trinta anos da história da aviação (CENIPA, 2018).

Nos primeiros dias do voo com motor, os pilotos obtêm as principais informações necessárias em seu ambiente externo. Desde que a visibilidade fosse boa, os *cockpits* a céu aberto permitiam uma boa apreciação dos movimentos e viradas da aeronave (virada, subida e descida) e atitude, enquanto uma vista ininterrupta do solo

fornecia uma ajuda à navegação (os pilotos conseguiam até voar baixo). O suficiente para ler os nomes das estações ferroviárias!

Na década de 1930, no entanto, painéis de instrumentos equipados com uma variedade maior de instrumentos mais complexos começaram a permitir que os pilotos voassem à noite e com pouca visibilidade. Mais progressos foram feitos na década de 1950, quando foram introduzidos instrumentos para permitir que as aeronaves pousassem em más condições climáticas. Essa tendência continuou, com grandes melhorias na aviônica, proporcionando maior funcionalidade e autonomia em relação ao ambiente externo (CENIPA, 2018).

1.1. PROBLEMA DA PESQUISA

Quais os impactos dos processos de automação dos *cockpits* nos fatores humanos da aviação?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

Verificar os impactos da evolução dos *cockpits* nos fatores humanos da aviação.

1.2.2. Objetivos específicos

- Explicar sobre as evoluções dos cockpits;
- Evidenciar bibliograficamente sobre os processos de automação;
- Expor vantagens e desvantagens dos processos de automação em cockpit;
- Relatar possíveis problemas dos processos de automação.

1.3. JUSTIFICATIVA

No início os pilotos tinham poucas informações para ajuda-los nas decisões de voo, depois o *cockpit* ficou cheio de indicadores e instrumentos que confundiam os pilotos, agora, estão desenvolvendo algo que traga um impacto positivo nas decisões aeronáuticas, com novas tecnologias que visam à simplicidade ao invés da complexidade.

A evolução do *cockpit* é importante, pois, assim como a história, devemos estudar de onde viemos, e onde estamos para sabermos para onde iremos. Assim, podemos dizer a mesma coisa da evolução do *cockpit*, devemos estudar como era, como está, e se continuar nessa linha de raciocínio, para onde ele irá nos levar, e como ele ficará em um futuro próximo.

Além do que, tal pesquisa também é importante, para nos mostrar, como a tecnologia se desenvolveu ao longo dos anos no *cockpit*, e nos mostrando porque devemos estar em contínuo estudo e evolução junto com as novas tecnologias, para o homem nunca ficar atrás de vários instrumentos e deixar a máquina controlar o homem. Mas sim, se atualizar junto com a nova tecnologia, e sempre estar um passo a frente da máquina, independente de onde o futuro irá nos levar com a evolução do *cockpit*.

Dentro do âmbito científico, este trabalho justifica-se, pois, para lidar com esses problemas demonstrados na seção 1.1, as equipes de design de sistemas de tripulação são organizadas em quase todos os principais fabricantes de estruturas. Essas equipes desenvolvem e usam metodologias no processo de design que garantem que os requisitos da missão, as necessidades da equipe e a carga de trabalho da equipe são considerados adequadamente durante todo o processo de design. Além disso, eles determinam se, quando e como é vantajoso (para os membros da tripulação) incorporar novas tecnologias, em vez de incluí-las apenas porque estão disponíveis.

Como resultado, os projetos tradicionais das estações de voo evolutivas estão mudando. Novas mudanças revolucionárias estão sendo feitas, resultando em sistemas de tripulação modernos, eficientes e seguros.

No âmbito acadêmico, a pesquisa é relevante, pois estimula futuros alunos a buscarem e entenderem os processos de automação baseados na evolução do cockpit das aeronaves. Desmistifica em um cenário globalizado, causas e efeitos destes processos, relata sobre as vantagens das evoluções, mas também cita problemas relacionados as tecnologias empregadas e principalmente a falta de treinamento adequado do piloto, podendo ser fatos primordial deste processo evolutivo.

1.4. METODOLOGIA

Nesta amostra científica, será utilizado o modelo de pesquisa explicativa. Assim, explicando o porquê da evolução do *cockpit* impactar os fatores humanos.

Conforme esclarece Boccato (2006, p. 266),

[...] a pesquisa bibliográfica busca a resolução de um problema (hipótese) por meio de referenciais teóricos publicados, analisando e discutindo as várias contribuições científicas. Esse tipo de pesquisa trará subsídios para o conhecimento sobre o que foi pesquisado, como e sob que enfoque e/ou perspectivas foi tratado o assunto apresentado na literatura científica. Para tanto, é de suma importância que o pesquisador realize um planejamento sistemático do processo de pesquisa, compreendendo desde a definição temática, passando pela construção lógica do trabalho até a decisão da sua forma de comunicação e divulgação.

Desta forma, as pesquisas bibliográficas baseiam-se na revisão da literatura, focada em teorias que norteiam um trabalho científico. Realizar um levantamento bibliográfico consiste em pesquisar fundamentos e conceitos baseados em teses, artigos científicos, jornais e revistas eletrônicas, manchetes de destaque em portais renomados, entre outros.

Seria possível classificar um trabalho acadêmico como documento? Na verdade, existem várias indagações sobre pesquisa documental e análise documental. Mesmo assim, muitos autores, defendem a ideia de que seria uma “técnica de pesquisa com documentos”, onde May (2004: 206) chama esse procedimento de Pesquisa Documental e reconhece a dificuldade de lidar com o tema:

Não é uma categoria distinta e bem reconhecida, como a pesquisa *survey* e a observação participante. Dificilmente pode ser considerada como constituindo um método, uma vez que dizer que se utilizará documentos é não dizer nada sobre como eles serão utilizados.

Considerando a sistemática apresentada acima, este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa exploratória de abordagem quali-quantitativa, que utiliza métodos bibliográficos e documentais mediante explanações contidas nos objetivos específicos.

Em resumo, este trabalho utiliza recursos e métodos para investigação e aplicação de procedimentos, por meio da pesquisa exploratória de documentação e bibliográfica, sobre dados qualitativos de fontes primárias (livros e obras autorais) e secundárias (artigos, teses, revistas e jornais), além da observação direta intensiva dos estudos e projetos desenvolvidos em nível institucional.

1.4.1. Natureza e tipo da pesquisa

A confecção deste trabalho caracteriza-se como explicativa com procedimento documental e com abordagem qualitativa.

O procedimento explicativo, conforme Gil (2009), “que afirma que as pesquisas explicativas têm como propósitos identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos”.

O procedimento para coleta de dados a ser utilizado será o documental, que segundo Gil (2002), “tem o objetivo de descrever e comparar dados, características da realidade presente e do passado”.

A abordagem da pesquisa foi qualitativa, pois busca se aprofundar em um tema para obter informações sobre as ideias e as atitudes das pessoas.

1.4.2. Matérias e métodos

1.4.3. Recursos

Para realização deste trabalho, não haverá nenhum gasto ou custo, tendo em vista que não haverá aquisição de materiais, nem despesas com transporte.

1.4.4. Cronograma

Atividades	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Elaboração do projeto (AD1)						
AD1 – Versão 01		X				
AD1 – Versão 02			X			
AD1 – Versão 03				X		
Avaliação do Projeto					X	

1.5. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A confecção deste trabalho foi elaborada baseada na seguinte estrutura:

No capítulo um, será mostrado a introdução, o problema de pesquisa, os objetivos gerais e específicos, assim como a metodologia, justificativa, natureza e matérias e métodos

No capítulo dois, será apresentado o referencial teórico, demonstrando os impactos cognitivos e sensoriais, assim como os impactos no desempenho do piloto e a evolução do cockpit, bem como a sua automação e o impacto da automação na segurança de voo.

No capítulo três, será mostrada a conclusão.

E na sequência, será informado as referencias para a confecção deste projeto científico, assim concluída a pesquisa.

2. DESENVOLVIMENTO

Como parte do desenvolvimento da problemática deste arquivo científico, foram abordado os seguintes temas, como o impacto cognitivo, o impacto no desempenho do tripulante, o impacto sensorial, a revolução do cockpit, a automação do cockpit, o impacto da automação na segurança de voo, uma visão sistemática do cockpit, um “rumo” ao cockpit tangível, e impressora 3D no desenvolvimento do cockpit.

2.1. IMPACTOS COGNITIVOS

Um dos impactos cognitivos apresentado com a evolução do cockpit, é a complexidade do entendimento do funcionamento da instrumentação do avião. Como por exemplo, um altímetro, o qual analógico funciona de uma forma bem simples, o qual possui dentro do seu instrumento várias cápsulas aneroides, que quando estão no nível do mar, a pressão que possui em seu interior é idêntica a do ar que está fora do instrumento, e ele permanece estável. Porém, quando ele é colocado em maiores altitudes, o que representa um ar rarefeito, a pressão do ar que está ao redor do instrumento é menor, assim, o ar dentro das cápsulas aneroides, se expandem, fazendo assim o simples funcionamento do altímetro de um avião.

Porém, quando o instrumento é digital, o funcionamento se torna um pouco mais complexo, exigindo mais conhecimento do piloto sobre sua aeronave, e todos os seus instrumentos.

O altímetro, por exemplo, que possui um funcionamento muito simples, como o citado acima, possui um funcionamento parecido em sua forma digital, porém essa variação das cápsulas aneroides não existe, já que a variação de pressão é enviada diretamente para um ADC (Air Data Computer), que envia um sinal digital para exibir com mais pressão a sua altitude exata.

Tais diferenças de funcionamento, além de mais complexas, exigem um maior conhecimento do piloto, e também exige uma maior confiabilidade da indústria, pois se não ligar um computador a este instrumento totalmente digital, não é possível saber se ele possui algum erro de indicação ou algo parecido, já que seu funcionamento é totalmente digital, e feito por computadores, sem o auxílio de nenhum instrumento analógico.

2.2. IMPACTO NO DESEMPENHO DO PILOTO

Como interface vital entre uma aeronave e sua tripulação, o cockpit de uma aeronave moderna deve fornecer instantaneamente e de maneira conveniente, todas as informações de que a tripulação precisa para avaliar o status da aeronave e tomar as medidas adequadas, independentemente das circunstâncias.

Como resultado, o cockpit é uma arena importante para melhorias na tecnologia de interface homem-máquina (HMI). É a HMI que permite ao piloto usar seus sentidos, cérebro e movimentos para controlar uma máquina extraordinariamente complexa em um ambiente ao quais os seres humanos não estão naturalmente acostumados ().

A ergonomia do cockpit naturalmente dá uma contribuição fundamental para o conforto e desempenho da tripulação. A Sociedade de Engenheiros Automotivos (SAE-Brasil) emite Práticas Recomendadas Aeroespaciais (ARPs) para projeto, layout, instalação e operação da cabine, que contêm requisitos mínimos para a posição do piloto em relação aos seguintes aspectos:

A capacidade de alcançar os controles sem esforço a partir de uma posição de referência (cinto de segurança preso, cinto de segurança destravado, olhos do piloto na posição de referência);

- Visibilidade dos instrumentos de voo sem esforço indevido;
- Visibilidade mínima fora do cockpit;
- Fácil comunicação oral dentro do cockpit.

A acessibilidade dos principais controles de vôo é, naturalmente, muito importante. Embora existam variações significativas no layout da cabine de um avião para outro, os componentes mais comuns de um cockpit de aeronave são os seguintes:

Painel de instrumentos (o legado dos cockpits originais, com os principais instrumentos descritos acima, dispostos em frente ao piloto e abaixo do para-brisa dianteiro);

Os painéis laterais, nas laterais dos assentos dos pilotos e abaixo do para-brisas, utilizados - como todas as superfícies adicionais - para exibir informações e acomodar o crescente número de controles de vários subsistemas de aeronaves;

Painel frontal, acima dos para-brisas dianteiros; - painel do console (a parte superior e mais avançada do equipamento de controle e exibição localizado entre os dois pilotos em aviões comerciais);

Painel de instrumentos central, localizado logo abaixo do painel do console;

Pedestal central, posicionado entre os assentos dos pilotos (na parte traseira do painel de instrumentos central);

Painel aéreo;

Assentos do piloto e copiloto;

Coluna de controle e roda de controle (historicamente conhecido como joystick), substituído pela sidestick em aeronaves recentes. Juntamente com os pedais do leme, esses são os controles básicos de uma aeronave;

Dois pedais do leme, localizados aos pés dos pilotos; - head-up display (HUD), uma inovação recente e cada vez mais importante;

Monitor montado na cabeça, usado em certas cabines de pilotagem.

Figura 6- Layout e elementos de um cockpit moderno



Fonte: ELIBRAS (2016), modelo adaptado.

Desta forma, pode-se destacar a mudança histórica do analógico para uma era digital. Até a década de 1970, as paredes dos cockpits de aviões civis - na verdade todas as superfícies ao alcance dos pilotos - eram cobertas com indicadores, instrumentos e controles eletromecânicos. Os controles, com suas matrizes de mostradores complicados, geralmente eram projetados para uma tripulação de três homens: dois pilotos e um engenheiro (CENIPA, 2018).

Uma aeronave de transporte típico desse período possuía mais de 100 instrumentos e controles, os mais importantes estavam cheios de barras, agulhas e símbolos. Todos esses monitores disputavam espaço nos vários painéis de instrumentos e competiam pela atenção do piloto.

Pesquisas destinadas a encontrar uma solução para esse problema, conduzida em particular pela NASA nos Estados Unidos, levaram ao desenvolvimento de dispositivos de exibição capazes de processar dados de voo e das informações brutas fornecidas pelos sistemas de aeronaves. Esse desenvolvimento só foi possível por causa de uma mudança fundamental no tipo de informação processada pelos sistemas de bordo.

Os instrumentos anteriores, baseados em informações analógicas (Figura 04), forneciam indicações diretamente relacionadas aos fenômenos físicos associados (por exemplo, pressão do ar, velocidade do ar ou a posição de um giroscópio). A informação digital, por outro lado, resulta da conversão de uma medição física em código binário por meio de um conversor analógico-digital.

Figura 7 - Cockpit convencional de uma aeronave de pequeno porte.



Fonte: CIENCIATECNOLOGIAFOCO (2019), modelo adaptado.

A digitalização dos dados físicos necessários para o controle e a navegação de vôo, bem como para fins operacionais e informativos mais gerais, levou a uma profunda mudança nos cockpits de aeronaves a partir da década de 1970. Graças a melhorias na eletrônica e na tecnologia de computadores, os dados agora podiam ser convertidos do formato analógico para o digital, processados por computadores e exibidos em telas do tipo computador no cockpit.

2.3. IMPACTO SENSORIAL

Como impacto sensorial, com o avanço do cockpit, podemos notar uma melhor noção espacial sobre a cabine, pois todos os instrumentos estão condensados em uma só tela, ao invés de vários relógios como se tinha antigamente.

Porém, da mesma forma que agora só se possui um único instrumento, para uma grande parte de informações, é necessário saber reconhecer, e condensar a grande quantidade de informação que os olhos do tripulante irão ver, e retirar dessa grande quantidade de informação o que é de sua necessidade.

Assim, podemos concluir com esse estudo científico, que o avanço auxiliou os pilotos a terem uma melhor noção sensorial sobre o cockpit, e tudo que os rodeia, assim podendo manter uma alta consciência situacional.

2.4. A REVOLUÇÃO DO *COCKPIT* DE VIDRO

Quando o astronauta da NASA Fred Gregory soube que o cockpit do Shuttle Atlantis estava programado para uma atualização total da tecnologia, ele aconselhou os gerentes do Shuttle a conversar com os especialistas em aeronáutica da agência. Portanto, não deve surpreender que o novo cockpit do Atlantis (Figura 05) se pareça muito com o futuro cockpit de um avião de passageiros, com telas coloridas de computador multifuncionais esticadas de um lado para o outro (SAE, 2008).

Figura 8- Cockpit do ônibus espacial Atlantis.



Fonte: NASA (2018), modelo adaptado.

O novo visual radical é um reflexo preciso dos novos recursos radicais do cockpit. Gregory, originalmente da NASA Langley e agora administrador associado da

NASA para segurança e garantia de missão, sabia que Langley havia sido pioneiro no conceito de "cabine de vidro" em simuladores de solo e voos de demonstração no laboratório de voo da NASA 737 (SAE, 2008).

Com base nesse trabalho e em uma resposta favorável dos clientes do setor, a Boeing havia desenvolvido os primeiros cockpits de vidro para aviões de produção. Foi uma história de sucesso da aviação. E, agora, o que é bom para os aviões modernos também será bom para as naves espaciais modernas. A tecnologia tornará o Shuttle Atlantis muito mais fácil e seguro de voar, de acordo com os funcionários do Shuttle. Dezenas de instrumentos e medidores eletromecânicos desatualizados do cockpit deram lugar a 11 telas de tela plana coloridas.

O novo sistema não apenas melhora a interação da tripulação / orbitador com representações gráficas de fácil leitura dos principais indicadores de voo, como atitude, altitude e velocidade, mas também reduz o alto custo de manutenção de sistemas obsoletos. O sistema também oferece maior capacidade de backup, pesa menos e consome menos energia que o design original.

Por esses motivos, as pessoas que voam e mantêm a frota de ônibus aguardam ansiosamente o primeiro voo do Atlantis, uma vez que foi equipado com o novo sistema de display eletrônico multifuncional (MEDS). O primeiro voo - para entregar suprimentos à Estação Espacial Internacional - ocorreu em maio de 2000. A Honeywell Space Systems, Phoenix, foi fundamental para projetar e produzir MEDS (CENIPA, 2018).

Os astronautas usarão as telas para navegar e pousar no Atlantis. Os monitores operam com a conveniência e o controle da mais avançada tecnologia comercial e militar de monitores de tela plana disponível atualmente. Além disso, os monitores de cristal líquido oferecem recursos de desempenho exclusivos que aumentam a segurança da missão. Os astronautas podem ler facilmente dados importantes de voo, porque as fontes de luz, incluindo o sol, não produzem brilho na tela e a tela permite uma visualização clara das posições em uma ampla gama de ângulos da tela.

Cockpits de vidro modernos como os do Boeing 777 (Figura 06), o caça furtivo F-117 e o Shuttle Atlantis representam uma revolução na maneira como os cockpits de aeronaves e naves espaciais são projetadas e construídas hoje. Os primeiros indícios dessa revolução apareceram na década de 1970, quando as telas de tubos de

raios catódicos (CRT) dignos de voo começaram a substituir algumas das telas, medidores e instrumentos eletromecânicos que serviram tão bem por tanto tempo.

Figura 9- Cockpit do Boeing 787.



Fonte: AEROFLAP (2017), modelo adaptado.

Esses novos instrumentos "de vidro", tão poucos e tão primitivos quanto eram, deram ao cockpit uma aparência distinta e sugeriram o nome "cockpit de vidro". A revolução no design de cockpit nasceu da oportunidade e da necessidade. Aqueles que trabalham para promover o serviço de passageiros de companhias aéreas comerciais sentiram isso primeiro.

Antes da década de 1970, as operações de transporte aéreo não eram consideradas suficientemente exigentes para exigir equipamentos avançados, como monitores eletrônicos de voo. A crescente complexidade das aeronaves de transporte, o advento dos sistemas digitais e o crescente congestionamento do tráfego aéreo nos aeroportos começaram a mudar isso (AEROFLAP, 2017).

Acrescenta-se que a aeronave de transporte média, em meados da década de 1970, possuía mais de 100 instrumentos e controles de cabine, e os principais instrumentos de voo já estavam cheios de indicadores, barras transversais e símbolos. Em outras palavras, o número crescente de elementos do cockpit estava competindo pelo espaço do cockpit e atenção do piloto.

O que era necessário, explicou, eram telas que pudessem processar o sistema bruto da aeronave e os dados de voo em uma imagem integrada e facilmente compreensível da situação, posição e progresso da aeronave, não apenas nas dimensões horizontal e vertical, mas com relação ao tempo e velocidade, também.

Os desafios foram muitos e variados. Ao projetar o sistema experimental, a equipe de pesquisa analisou quais informações os pilotos precisavam ter e como deveriam ser apresentadas a eles. Um desafio inesperado: encontrar o equilíbrio certo entre o que o sistema computadorizado deve gerenciar e o que o piloto deve gerenciar. O resultado: um sistema de cabine de vidro com piloto automático que aumentava a segurança ao reduzir a carga de trabalho do piloto nos horários de pico, mas mantinha o piloto "sempre atualizado" para manter a consciência da situação (CENIPA, 2018).

Os voos realistas da área terminal com o laboratório de voo Boeing 737 da NASA geraram muito interesse dos pilotos de companhias aéreas e outros elementos-chave do setor de aviação e ajudaram a declarar o caso da certificação da Federal Aviation Administration.

O sucesso do trabalho de cabine de vidro liderado pela NASA se reflete na total aceitação dos monitores eletrônicos de voo, começando com a introdução do Boeing 767 em 1982. As companhias aéreas e seus passageiros também foram beneficiados. A segurança e a eficiência do voo foram aumentadas com a compreensão aprimorada do piloto da situação do avião em relação ao ambiente. O custo das viagens aéreas é menor do que seria com a tecnologia antiga e mais voos chegam a tempo.

O Departamento de Defesa adotou a tecnologia do cockpit de vidro para aumentar o desempenho de suas novas aeronaves, de interceptadores de caças a bombardeiros de longo alcance.

2.5. O COCKPIT: INSTRUMENTOS E EVOLUÇÃO DE MANUFATURA

Cinco principais categorias de instrumentos estão presentes em qualquer cockpit moderno (AEROTD, 2015):

1 - **Instrumentos de voo (FLY)**: Usado para controlar o voo da aeronave. Estes compreendem principalmente o altímetro, indicador de velocidade, indicador magnético de direção, artificial horizonte, coordenador de curva e indicador de velocidade vertical. Nas modernas aeronaves, eles são agrupados no Primary Flight Display (PFD). Os dispositivos de controle relacionados são a unidade de controle de

vôo (FCU) para orientação automática, o acelerador para controlar o nível de potência e uma sidestick ou um garfo para guiar o avião.

2 - Instrumentos de navegação (NAV): Que fornecem informações de localização para guiar a aeronave, como uma bússola ou um sistema de localização baseado em GPS. Esses elementos são agrupados no painel de controle do Sistema de Instrumentos Eletrônicos de Voo (EFIS), no Painel de Navegação (ND) e no Sistema de Gerenciamento de Voos (FMS). O EFIS controla as informações relacionadas à navegação lateral da aeronave mostrada no ND. O FMS é um sistema de computador mestre que tem controle sobre todos os outros sistemas, informatizados e outros. Coordena o ajuste dos parâmetros de voo, motor e estrutura da aeronave. Seu principal componente é o Flight Management Computer (FMC), que se comunica com os pilotos por meio de uma Control Display Unit (CDU) ou de uma KCCU mais moderna (teclado e unidade de controle do cursor).

3 - Sistemas de comunicação (COM): Eles permitem a comunicação com o controle de tráfego aéreo. Os dispositivos em questão são a interface dos pilotos do Voice Comm e a interface do DataLink.

4 - Gerenciamento de sistemas (SYS): Para supervisão do sistema e parâmetros operacionais da aeronave, motor, como temperatura, pressão, combustível e óleo. Esses sistemas normalmente são materializados no Painel de despesas gerais e na Lista de verificação.

5 - Gerenciamento de missão (MIS): Como gerenciamento de passageiros e tripulação. Nesse caso, os pilotos interagir com o painel Informações do sistema a bordo e com o Flight Aplicações Ops.

Observando a evolução atual do cockpit nos últimos sessenta anos, observam-se como os fabricantes gravitaram para agrupar o número máximo de funções relacionadas em uma exibição comum, além de aumentar o número de funções e informações disponíveis para os pilotos. Três categorias ou tipos de cockpits podem, portanto, ser identificados (AEROTD, 2015):

1 - Cabina do piloto a vapor ou analógica: A maioria dos instrumentos e, em particular, os instrumentos de voo, são mecânicos e analógicos, normalmente operados por pressão do ar e uso de giroscópios sem a necessidade de qualquer sistema

elétrico. Há pouca ou nenhuma agregação funcional, tendo um instrumento por função. Isso normalmente resulta em uma sobrecarga cognitiva para os pilotos, que devem manter uma consciência situacional contínua.

2 - Cockpit de vidro: o vidro refere-se ao uso de telas de tela plana de estado sólido na instrumentação do cockpit. Nessas telas, as imagens produzidas por computador substituem os medidores mecânicos individuais e os displays multifuncionais mostram as informações de voo conforme necessário. Isso simplifica a operação e a navegação da aeronave, bem como a carga cognitiva.

3 - Cockpit interativo: Os cockpits interativos vão um pouco além dos cockpits de vidro tradicionais e fornecem exibições interativas WIMP (Windows, Ícones, Menus, Ponteiros) que parecem e se comportam de maneira semelhante a outros computadores, com janelas e dados manipulados com dispositivos de apontar e clicar. Nesse caso, os monitores têm widgets, guias e rótulos diferentes para agrupar funções relacionadas nas janelas que serão exibidas de acordo com o contexto ou os pedidos das KCCUs.

Como eles lidam com a complexidade, está sendo avaliada a adoção das tecnologias 3D, reconhecimento tátil e de fala. Por exemplo, a Honeywell Aviation está realizando testes para avaliar a viabilidade de usar tablets com reconhecimento de voz como um substituto do FMC físico em suas aeronaves.

De fato, algumas dessas tecnologias interativas podem ser encontradas atualmente em aeronaves americanas, como o uso de iPads como meio de ter malas eletrônicas de voo para executar tarefas de gerenciamento de missão, não críticas tarefas.

2.6. AUTOMAÇÃO DO CKCPIT: VANTAGENS E DESAFIOS DE SEGURANÇA

É fato que a tecnologia tem contribuído de maneira significativa para a evolução dos cockpits das aeronaves. Painéis de LCD entraram em substituição dos sistemas analógicos, funções mais inteligentes são incorporadas constantemente aos controles para “ajudar” o piloto durante um voo mais tranquilo, etc. A automação é vista como fator primordial para que tudo pudesse acontecer ao longo da história da aviação.

Desta forma destacam-se vantagens e desvantagens da automação neste processo de evolução dos cockpits da seguinte forma:

- Aumenta o conforto do passageiro;
- Melhor controle de trajetória de voo e mínimos meteorológicos reduzidos;

• Os monitores de monitoramento de sistemas, juntamente com os sistemas de assistência ao diagnóstico (ECAM) / Sistema de Indicação de Motor e Alerta de Tripulação (EICAS), apoiam a compreensão aprimorada dos pilotos e da equipe de manutenção dos estados dos sistemas de aeronaves (SKYBRARY, 2017). No entanto, quando confrontados com um evento de falha complexo, como o rompimento do motor Airbus 380 após a decolagem de Cingapura (2010), as informações de falha normalmente "simples de entender" podem inundar a tripulação e dificultar o diagnóstico ou distrair a tripulação. a tarefa principal de voar a aeronave (SKYBRARY, 2010).

• A automação pode aliviar os pilotos de tarefas repetitivas ou não gratificantes para as quais os seres humanos são menos adequados, embora invariavelmente mude o envolvimento ativo dos pilotos na operação da aeronave em uma função de monitoramento, na qual os humanos são particularmente pobres em executar de forma eficaz ou por longos períodos. Como exemplo, os pilotos que invariavelmente voam com o *Autothrottle* (AT) envolvido podem perder rapidamente o hábito de digitalizar as indicações de velocidade. Portanto, quando o AT desengatar, por projeto ou após um mau funcionamento, os pilotos não perceberão nem reagirão a grandes desvios de velocidade. (SKYBRARY, 2009)

Outros problemas decorrentes da automação dizem respeito a tripulação de voo e a interação com a automação, onde:

- As habilidades básicas de voo manual e cognitivo podem declinar devido à falta de prática e sensibilidade para a aeronave. Isso é exacerbado se os operadores desencorajarem ativamente a tripulação de voo ou limitarem os modos manuais que possam usar - por exemplo, proibir o voo manual com o acelerador automático desativado;
- Comportamento inesperado de automação: desengajamento não comandado causado por uma falha do sistema, resultando em reversão de modo ou engajamento inadequado de modo pelo piloto, pode levar a consequências adversas;

- Os pilotos que interagem com a automação podem se distrair ao pilotar a aeronave; seleções de modos avisam de modos, comandos do diretor de voo podem receber mais importância do que valores de inclinação, potência, rotação e guinada e, portanto, o atendimento à automação pode distrair os pilotos de voo / tripulação do monitoramento da trajetória de voo;

- A tripulação de voo pode gastar muito tempo tentando entender a origem, condições ou causas de um alarme ou de vários alarmes, o que pode distraí-los de outras tarefas prioritárias e de pilotar a aeronave;

- Alterações de curto prazo pelo ATC que requerem reprogramação de uma pista de partida ou de pouso são potencialmente perigosas devido à possibilidade de entrada incorreta de dados e verificação cruzada em uma situação crítica no tempo. Isso cria intensa carga de trabalho. Reduzindo o nível de automação nessas circunstâncias para modos básicos, como Seleção de Rumo, a Alteração do Nível de Voo pode comprar espaço e tempo para reprogramar o FMS, conforme necessário.

- Os sistemas de diagnóstico são limitados em relação a lidar com múltiplas falhas, com problemas inesperados e com situações que exigem desvios dos Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) (SKYBRARY, 2018)

- Situações imprevistas que exigem substituição manual da automação são difíceis de entender e gerenciar podem criar um efeito surpresa ou assustador e podem induzir picos de carga de trabalho e estresse. A menos que a tripulação tenha sido treinada corretamente e seja adequadamente praticada no manejo de tais situações, os níveis de carga de trabalho na cabine de comando podem chegar ao ponto em que a cooperação da tripulação se torna severamente desafiada. Um bom treinamento com surpresa e surpresa pode ser eficaz. CAA CAP 737 do Reino Unido (SKYBRARY, 2014)

- Para aeronaves altamente automatizadas, podem ocorrer problemas ao fazer a transição para modos degradados (por exemplo, várias falhas que exigem voo manual ou menos automatizado);

- Os erros de entrada de dados (erros ou erros de digitação) cometidos ao usar os EFBs (*Electronic Flight Bags*), além dos sistemas aviônicos, podem ter consequências críticas; os erros podem ser mais difíceis de prevenir e detectar, pois não

há uma verificação do sistema quanto à consistência dos valores computados ou inseridos e a tecnologia fornece certo senso de confiança (se os dados inseridos na máquina forem aceitos, eles deverão estar OK) (SKYBRARY, EBS 2018).

- Em situações críticas após a desconexão ou falha da automação, o sistema de alarme indica apenas a condição atendida, mas não a ação a ser tomada (embora seja conhecida a ação que a tripulação de voo deve executar para recuperar o controle);
- Pode ser difícil entender a situação e obter / recuperar o controle quando a automação atingir o limite de seu domínio de operação e desconectar ou em caso de falha na automação;
- Quando a automação falha ou é desconectada, as tarefas alocadas aos pilotos / tripulações de voo podem ir além de suas capacidades, individualmente e ou em equipe;
- A tripulação de voo pode não estar suficientemente informado sobre falhas de automação, mau funcionamento ou seus efeitos.

Desta forma, dois problemas surgem diretamente da dependência de automação:

- Em primeiro lugar, os pilotos afetados relutam em reduzir voluntariamente a extensão em que usam a capacidade total de automação para lidar com qualquer situação - rotineira ou anormal - que surgir.
- Em segundo lugar, se por algum motivo a capacidade total de automação não estiver mais disponível ou se considerar que não é mais capaz de fornecer o controle necessário da aeronave, a tendência é procurar reter parcialmente o uso de sistemas automatizados em vez de reverter totalmente controle de trajetória manual da aeronave. O efeito de ambos geralmente é uma perda de consciência situacional desencadeada pela saturação de tarefas para ambos os pilotos. A consequência disso é frequentemente uma redução na medida em que o MP é capaz de monitorar efetivamente as ações da PF.

Mediante os problemas acima, SKYBRARY (2019), sugere como solução, que os Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) são compreensivelmente orientados para o uso máximo da automação, no interesse da eficiência e da segurança. No entanto,

eles devem ser flexíveis o suficiente para permitir que os pilotos optem por voar sem automação ou com automação parcial, a fim de manter sua competência entre as sessões de treinamento recorrentes em simuladores.

Isso é particularmente importante se os titulares de COA com aprovação ATQP tiverem permissão para estender o intervalo normal de seis meses entre essas sessões. Os programas OFDM que capturam quase 100% dos voos podem ser usados para rastrear até que ponto a automação total é usada. Os POPs também devem deixar claro quando é esperado que a resposta dos pilotos inclua a redução do nível de automação além de qualquer redução não comandada que já possa ter ocorrido.

O treinamento do piloto deve garantir que um entendimento suficiente da base da funcionalidade automatizada do sistema e de seu uso parcial e total seja totalmente compreendido. Garantir que os pilotos sejam capazes de entender a importância de monitorar a função esperada da automação, para que, caso suas entradas ou mau funcionamento incorretos tenham consequências inesperadas, ações corretivas oportunas possam ser tomadas.

2.7. RUMO AO COCKPIT TANGÍVEL

Apesar das inúmeras vantagens suportadas pela tecnologia tátil, um cockpit totalmente tátil ainda não é uma solução ideal. Esta é a razão pela qual um processo de tangibilização do *cockpit* é considerado necessário, visando acrescentar uma dimensão tangível a uma tela tátil. É previsto que o processo de tangibilização do *cockpit* como a implementação final de uma Interface do Usuário Orgânica, seguindo a definição de três declarações de Hiroshi Ishii (VERTEGAAL & POUPYRES, 2008):

- **Entrada é igual a saída:** O display também é o dispositivo de entrada. Aplicado a uma cabine de comando, significa que a mesma superfície contínua que fornece informações aos pilotos será usada para introduzir comandos e controlar a aeronave.

- **É igual a Forma:** O formato da tela é igual a sua função. Aplicado ao cockpit, significa que as formas de seus dispositivos garantem sua função.

- **Segue o fluxo:** A exibição pode assumir diferentes formas. Dentro do contexto, isso significa que, desencadeado por eventos como o contexto ou no estágio

de vôo, seções da cabine serão capazes de aparecendo ou modificando sua forma para se adaptar em conformidade.

Em outras palavras, visualiza-se um cockpit que transmite informações de uma maneira muito mais avançada e mais rica do que os sistemas tradicionais, limitados a mostrar informações em uma tela e receber informações de botões ou alças. Portanto, com base nessas declarações, adota-se um conjunto de propriedades de usabilidade conhecidas no mundo aeronáutico e de IHM e as reformulamos a luz da definição anterior. Consideramos essas propriedades essenciais que um piloto deve encontrar em um cockpit tão futurista (VERTEGAAL & POUPYRES, 2008):

Propriedade 1 - Forma livre: Sugerimos um cockpit construído como tátil contínua superfície em que não existem elementos fixos presos a zona.

Propriedade 2 – Interativo: As capacidades do cockpit permitirão uma rica interação com os pilotos. Ele será capaz de fornecer informações por toda a superfície, receber comandos e fornecer feedback também, de maneira tátil e visual. Esta propriedade reflete a instrução S1.

Propriedade 3 – Morfável: A superfície do cockpit pode gerar formas dinamicamente mais novas. Não apenas será capaz de ser fisicamente pressionado e deformado para receber comandos dos pilotos, mas também de criar ativamente novas formas por si só para fins de entrada ou saída, conforme a declaração S2 transmite.

Propriedade 4 – Reconfigurável: O tipo e o número de elementos físicos, bem como sua distribuição no cockpit, não são fixos e podem ser reorganizados pelo piloto ou pelo sistema, a qualquer momento, da mesma maneira que os ícones em uma GUI podem ser reorganizados no computador. Isso está de acordo com a Declaração S2.

Propriedade 5 - Ciente do contexto: Diferentes partes do cockpit se transformarão para fornecer os controles necessários de acordo com o contexto, estágio ou como resposta ao estado emocional de um piloto. Ou seja, o sistema será capaz de suportar variações do contexto de uso, preservando a usabilidade, propriedade conhecida como Plasticidade, que adere à Declaração S3.

Propriedade 6 - Sem olhos: O piloto receberá um ambiente em que ele não precisará distrair sua atenção visual (ou seja, olhando suas mãos) enquanto estiver executando qualquer ação manual. Nesse contexto, o cockpit deve transmitir

aprendizado e representação precisos das informações, talvez não necessariamente da mesma maneira que uma exibição visual, mas fornecidos por meio de contato físico.

Sob a suposição dessas propriedades, classificam-se as tecnologias e projetos de última geração de acordo com o que, em nossa experiência, compreenderá os principais elementos de interação em nossa visão do futuro cockpit tangível. Do nosso ponto de vista de tangibilização, deve-se ir além dos componentes clássicos e procurar as tecnologias que levem em conta não apenas a entrada e saída de dados, mas também os recursos de feedback e variação de forma (THEVENIN, et. al., 2001).

No entanto, não é fácil configurar uma classificação, pois a linha entre domínios de interação não está bem definida. De fato, de quantas maneiras um usuário pode interagir com uma tecnologia ou um projeto? A maioria das interações com uma interface é realizada através da visão ou toque e pode permitir a entrada de dados ou a saída de informações.

No entanto, essas propriedades não são de modo algum, exclusivas uma da outra, portanto, não podemos desenhar uma linha clara para classificá-las por, digamos, entrada / saída ou pela vista / toque. Por exemplo, uma tela pode fornecer uma saída visual, mas, se também tiver recursos táteis e vibratórios, permitirá também a entrada por toque e feedback tátil.

Outra restrição para uma classificação plausível é o grau de conformidade de uma tecnologia com as declarações da definição de Ishii. Uma determinada tecnologia pode aderir a um, dois ou três das declarações S*. Por exemplo, uma tela flexível, não tátil típica é capaz de mudar de forma, mas também não pode mudar, dependendo do contexto nem pode receber dados de entrada. Portanto, cumprirá com instrução S2, mas não com as instruções S1 ou S3 (THEVENIN, et. al., 2001).

Como mencionado no início desta seção, além da propriedade agora clássica para os fabricantes de cockpits (Propriedade P1), argumentamos que a cabine do futuro permitirá uma superfície física reco figurável (Propriedade P4 / S2) com visual e tátil interação (Propriedade P2 / S1) para permitir uma interação sem olhos. Embora a audição seja outro sentido usado na interface do usuário, ela está fora do escopo "tangível" deste trabalho, (Propriedade P6). E isso inegavelmente exigirá a integração de materiais capazes de mudar sua forma e comportamento sob solicitação (Propriedade

P3 / S2) e com reconhecimento de contexto (Propriedade P5 / S3) (VERTEGAAL & POUPYRES, 2008):

Nosso estudo então se transforma principalmente na análise de produtos orgânicos cinéticos. Interfaces (KOIs). KOIs são interfaces de usuário orgânicas que empregam movimento e forma cinéticos físicos para incorporar e comunicar informações (THEVENIN, et. al., 2001). Esses movimentos podem ser percebidos não apenas visualmente, mas também ocasionalmente, e cumprirá (parcial ou totalmente) as propriedades acima mencionadas. Portanto, na seção a seguir, apresentará vários projetos e tecnologias promissoras que podem ser aplicados como elementos de atuação em reconfiguráveis dinamicamente controles físicos e como elementos da modalidade de atuação. Todos deles satisfizeram a Propriedade P6.

2.8. O IMPACTO DA AUTOMAÇÃO DO COCKPIT NA SEGURANÇA DA AVIAÇÃO

As implicações do design moderno dos sistemas automatizados de cabines de pilotagem têm sido motivo de preocupação há mais de duas décadas. Em 1996, uma equipe de fatores humanos convocada pela FAA (Administração de Aviação Federal) divulgou um estudo abrangente das interfaces entre as tripulações de voo e os sistemas de aeronaves altamente automatizados, com foco nas interfaces que afetam o gerenciamento da trajetória de voo (THEVENIN, et. al., 2001).

O estudo foi iniciado pelo acidente de 26 de abril de 1994 em uma China As companhias aéreas Airbus A300-600 em Nagoya, Japão, que pararam ao tentar executar uma rotatória durante sua aproximação de pouso, matando 264 dos 271 ocupantes. O evento foi desencadeado pela ativação inadvertida de um botão de decolagem / giro do acelerador automático, localizado na alavanca do acelerador, durante a aproximação ao pouso, e pela aparente falta de entendimento da tripulação de voo sobre como desativar e substituir o acelerador automático.

O software de aceleração automática do avião não havia sido atualizado para desencatar se determinadas entradas manuais, incluindo o movimento do garfo dianteiro, fossem feitas. Isso diferia do comportamento de um simulador de treinamento em que o piloto de acidentes praticava, bem como do Boeing 747 em que ele passara a maior parte de sua carreira voando.

A equipe de fatores humanos da FAA descobriu que os pilotos muitas vezes não tinham um entendimento adequado dos sistemas automatizados e eram surpreendidos pelo comportamento dos recursos de controle de voo automatizado. Além disso, a consciência da situação da tripulação de voo sofria de uma falta de entendimento completo de quais modos ou estados estavam os recursos automatizados e o comportamento dos recursos automatizados nesses estados.

Também foi afetado pela má compreensão do status atual em relação à trajetória de voo e atitude da aeronave, limpeza do terreno e velocidade do ar. A equipe fez recomendações sobre design e certificação de sistemas automatizados; treinamento de pilotos; conscientização, comunicação e coordenação da situação da tripulação de voo; e maneiras de incentivar e medir aprimoramentos de segurança.

O trabalho levou a FAA a revisar seus requisitos de certificação para sistemas de orientação de voo em 2006. Especificamente, sob o design deve incorporar controles de desengate rápido para as funções de piloto automático e de confiança automática, e os efeitos do desengate dos recursos automáticos devem ser menores.

Da mesma forma, sensores ou seleções de modo podem não causar nada além de uma pequena mudança transitória na trajetória de voo da aeronave em condições normais. Os sistemas automatizados de orientação de voo também devem fornecer proteções para evitar velocidades inseguras ou atitudes de inclinação ou inclinação do banco, e sob nenhuma circunstância os sistemas devem ser capazes de executar manobras que produzam forças ou cargas perigosas no avião.

Os regulamentos também exigem que os controles sejam claramente rotulados e projetados para minimizar erros e confusão da tripulação de voo. Além disso, as tripulações de voo devem ser alertadas quando os recursos de orientação de voo automatizados forem desativados, e os sistemas de piloto automático não devem criar riscos potenciais quando substituídos pelas entradas manuais de controle de voo.

Apesar das alterações feitas para tratar de questões de fatores humanos no projeto do sistema de orientação de voo, a interface entre pilotos e sistemas de orientação de voo automatizados permanece no cerne da segurança da aviação comercial. Essa questão foi destacada em vários acidentes de aviação internacional de alto perfil que ocorreram na última década.

2.9. UMA VISÃO SISTÊMICA PARA COCKPITS DO FUTURO

Pense no controle de voz para pilotos, peças impressas em 3D e displays para ajudar a tripulação a ver o que de outra forma poderia perder. Todas essas tecnologias poderiam tornar a aviação mais segura do que nunca.

Tal visão sistêmica pode ser mencionada através de uma das telas no cockpit do *Falcon*, (Figura 7), onde é demonstrada uma tecnologia chamada visão sintética. Ao contrário de uma exibição de voo primário convencional que mostra apenas o céu e a terra em 2D separados por uma linha, a visão sintética mostra uma renderização em 3D do mundo lá fora, com terrenos, pistas e obstáculos.

Figura 10- Cockpit do Falcon.



Fonte: TURISMO (2015), modelo adaptado.

A NASA desenvolveu uma visão sintética nas décadas de 1970 e 1980 para ajudar a evitar um fenômeno chamado voo controlado para o terreno. É quando um avião sob o controle de um piloto é acidentalmente jogado no chão, em uma montanha ou em outro obstáculo.

A tecnologia mescla dados de GPS, informações aeronáuticas e mapas de terreno para mostrar onde o avião está em relação ao seu ambiente. A tela é atualizada em tempo real para mostrar aos pilotos onde eles estão e o que os rodeia, como uma montanha no caminho do avião (TURISMO, 2015).

No final de 2017, a NASA fez uma parceria com a Boeing para testar a visão sintética com pilotos juniores da companhia aérea colombiana *Avianca* em simuladores 787. No comando, um capitão de 34 anos da *American Airlines* e um ex-

piloto de pesquisa da NASA que selecionou os pilotos da Avianca porque voam diariamente pelas montanhas. Eles adotaram a tecnologia rapidamente. A visão sintética ajudou os pilotos da Avianca a se recuperarem de atitudes incomuns - quando o avião não é reto e nivelado - mais graciosamente do que quando usavam mostradores tradicionais (TURISMO, 2015).

Ao voar baixo, perto de terrenos, por exemplo, eles podiam ver onde o avião estava em relação a uma montanha, para que soubessem que o tempo seria limpo. Mas não se trata apenas de facilitar o trabalho de um piloto, a visão sintética também traz um benefício tangível para os passageiros. Esses monitores tornarão os voos mais suaves, porque os pilotos saberão muito mais sobre o ambiente ao seu redor.

Mas eles também ajudarão as tripulações de vôo a se recuperarem de situações extremas, como um ataque de pássaro ou voando por uma nuvem de cinzas vulcânicas. Por fim, o objetivo da equipe da NASA é reduzir as mortes causadas pela perda de controle em voo e melhorar a segurança dos passageiros.

Uma câmera infravermelha montada na frente do *Falcon* preenche detalhes adicionais do terreno sobre a tela de visão sintética, mostrando objetos que o piloto pode não conseguir ver no escuro. Aqueles poderiam incluir outros aviões ou até um coitote no chão. É como realidade aumentada no cockpit.

O sistema também tem uma vantagem real para os passageiros. Se você já esteve em um avião que não conseguiu pousar devido à baixa visibilidade e foi forçado a dar uma volta, você saberá como podem ser as abordagens perdidas frustrantes e até estressantes.

Voos atrasados ou desviados também são um exercício caro para as companhias aéreas. Com uma cobertura de infravermelho, no entanto, os pilotos podem ver o calor emitido pelas luzes ao se aproximarem de um aeroporto, para que possam pousar mesmo que esteja nublado.

Visores de visão sintéticos também podem ajudar os pilotos, exibindo símbolos úteis, como uma seta de recuperação de rolagem. Sistemas que podem começar a se afastar demais, uma seta aparece na tela principal do voo para mostrar que ângulo precisa tomar para se recuperar. É algo pequeno, mas pode fazer uma grande

diferença se o piloto não reconhecer como esse teste pode afetar o avião e como ele ou ela precisa corrigi-lo.

Se [os pilotos] rolarem na direção errada, empurre em vez de puxar, você poderá ultrapassar a velocidade do avião, ultrapassar o avião mais rápido do que o esperado. Esses tipos de indicadores podem ser benéficos para os pilotos em situações de alto estresse, quando você está mais propenso a cometer um erro. Enquanto os aviões já possuem sistemas de aviso de proximidade do solo que avisam a tripulação quando estão voando muito perto do terreno, desta forma, quando o alerta dispara, a consciência situacional do piloto já está reduzida.

2.10. COCKPITS: UMA NOVA FRONTEIRA IMPRESSORA 3D

Talvez não se consiga ver os componentes fabricados no laboratório de impressão 3D da *Honeywell* (Figura 08) em seu próximo voo, mas essas peças da aeronave estão mais leves do que nunca. A economia de peso é importante para qualquer aeronave, pois aviões mais leves consomem menos combustíveis e podem transportar mais passageiros e carga (CJNET, 2019).

Essas peças não são de plástico e não são impressas em uma máquina que você compraria para sua casa. Essas máquinas industriais, com pelo menos 6 pés de altura, podem imprimir materiais como ligas de titânio ou níquel com facilidade.

Figura 11- Modelo de uma impressora 3D para impressão de peças de avião.



Fonte: CJNET (2019), modelo adaptado.

Para sentir parte da economia que a manufatura aditiva pode proporcionar, pegue duas versões do mesmo suporte traseiro feito de uma liga de níquel. Um foi fundido em uma fundição, derramando a liga em um molde, enquanto o outro foi impresso. Eles não parecem tão diferentes, mas a versão impressa é muito mais leve que a do elenco. Na verdade, é 62% mais leve. A Honeywell não divulgou o peso específico de cada peça.

Figura 12 - Exemplo de peças de avião impressas em 3D.



Fonte: CJNET (2019), modelo adaptado.

A produção de uma peça impressa em 3D (Figura 09) também é mais rápida. Uma parte que pode levar seis meses para ser processada em um processo tradicional pode levar apenas duas semanas quando impressa. Se puder imprimir peças rapidamente, em vez de esperar meses para encomendá-las e recebê-las, é aí que se faz o maior retorno possível. Essa economia de tempo pode resultar em tempo de inatividade reduzido se um avião precisar de um componente de reposição e permitir que peças sejam fabricadas sob demanda (CJNET, 2019).

A impressão 3D também pode melhorar a confiabilidade da aeronave, simplificando o processo de montagem de peças complicadas. Outros fabricantes, como Airbus e Boeing, também estão usando componentes impressos em 3D. A Airbus instalou um suporte impresso em titânio no A350, enquanto a Boeing está imprimindo peças para o 787 Dreamliners.

Todas essas tecnologias têm o potencial de tornar as viagens aéreas mais seguras para os passageiros. Controles de voz e monitores aprimorados têm muito software oculto, fazendo com que todos funcionem, mas o piloto apenas vê uma

interface mais intuitiva. Ao reduzir as cargas de trabalho dos pilotos, eles são liberados para tomar decisões mais precisas e oportunas em situações de alto estresse. O que significa um voo mais seguro para todos.

3. CONCLUSÃO

Os displays de cockpit, que servem como principais fontes de consciência situacional do piloto estão se tornando mais intuitivos e fáceis de usar. As tecnologias, frequentemente usadas ou previstas pela primeira vez no setor militar, ajudarão a diminuir a carga de trabalho dos pilotos e a aumentar a segurança na aviação de um modo geral.

As inovações atuais ou futuras incluem visão aprimorada no Head-Up Display (HUD), visores sintéticos de cabeça para cima e cabeça para baixo, visores combinados de cabeça para cima e cabeça para baixo, telas sensíveis ao toque, telas de toque, mapas em movimento do aeroporto em 3D e voz ao controle.

Nos próximos anos, os pilotos poderão experimentar telas vestíveis, rastreamento ocular e controle por gestos. Alguns sistemas podem se tornar inteligentes o suficiente para entender um dilema de navegação e exibir uma solução. Enquanto isso, ferramentas de desenvolvimento aprimoradas estão diminuindo o tempo de lançamento no mercado e atualizações flexíveis estão surgindo para aeronaves mais antigas.

Em pouco tempo, a aviação passou de dispositivos eletromecânicos com problemas de manutenção para monitores de tubo de raios catódicos (CRT) e monitores de cristal líquido (LCDs). Os monitores de diodo orgânico emissor de luz (OLED) orgânicos de menor potência provavelmente não estão muito longe no horizonte.

Foi percebido que o "vidro", na maioria das vezes, era relativamente novo no cockpit. As primeiras iterações envolveram muitos botões e seleções em vários painéis. Agora, no entanto, telas maiores podem exibir mais informações e a crescente padronização de layouts facilita a transição de um cockpit para outro.

Foi possível entender também que a visão sintética - uma tecnologia que surgiu das pesquisas da NASA e da Força Aérea dos EUA nas décadas de 1970 e 1980 - foi certificada pela Honeywell em 2009 como parte do Primary Flight Display (PFD) no cockpit do *Gulfstream PlaneView*. Esses displays, que mostram o mundo fora do cockpit à luz do dia, usam o banco de dados de terreno do Sistema de Aviso de Proximidade de Solo Aprimorado da Honeywell (EGPWS). Rockwell Collins, Garmin e outros fabricantes já apresentaram suas versões da tecnologia.

A Honeywell continua trabalhando com a FAA e a indústria para implementar "créditos" de pouso para mínimos mais baixos usando a tecnologia de exibição de visão sintética. A empresa está realizando testes de voo para o seu sistema de visão sintética "e está obtendo resultados muito, muito bons.

Outro ponto importante que mereceu destaque é o próximo passo para os sistemas de visão aumentada é a visão combinada, a integração de uma visão aprimorada sintética e baseada em infravermelho (IR) em uma tela frontal, conforme o mundo exterior. Este parece ser o melhor dos dois mundos.

A visão sintética é uma condição climática independente, mas depende da solução de navegação subjacente e das informações do banco de dados, enquanto a visão aprimorada depende da qualidade do sensor e, até certo ponto, do clima externo. Na neve molhada e no nevoeiro, por exemplo, ele não apresenta bom desempenho.

Um forte exemplo que pode ser citado, é a *Dassault Aviation* que anunciou recentemente que seu sistema de visão combinada baseado no HUD *FalconEye* foi certificado pela EASA e pela FAA para as aeronaves *twinjet* Falcon 2000S e LXS. A empresa espera certificação em breve na nova *trijet* de longo alcance Falcon 8X. De acordo com a *Dassault*, o *FalconEye* é o primeiro sistema HUD a combinar mapeamento de terreno sintético, orientado por banco de dados e imagens reais de câmeras térmicas e com pouca luz em uma única exibição.

A *Honeywell* planeja introduzir tecnologia de visão combinada nos próximos anos. Atualmente, a *Rockwell Collins* fornece visão aprimorada baseada em HUD e capacidade de visão sintética, mas os pilotos podem ativar um ou outro, não os dois simultaneamente em uma visão integrada. A empresa, no entanto, está entusiasmada com o potencial da visão combinada e prevê seu surgimento no mercado de transporte aéreo nos próximos cinco anos.

Outro passo para os monitores pode ser um "modo de reversão" para navegação e entrada de voo. Por exemplo, se o piloto estiver pilotando uma abordagem do Sistema de Aterragem por Instrumentos (ILS) e o sistema ILS do aeroporto falhar, os monitores poderão reverter para uma abordagem padrão, como Desempenho de Navegação Requerida (RNP), informar ao piloto o que estão fazendo, e chute uma nova placa de aproximação.

Isso seria mais útil do que exibir avisos nesta fase do voo. Percebe o desejo da indústria de seguir a abordagem da Internet das Coisas (IoT), na qual tudo fala a todo o resto. O truque é garantir que o piloto entenda o que está acontecendo. Porém, se houver grandes computadores de gerenciamento de vôo duplex ou tríplice em segundo plano, pode haver capacidade computacional suficiente para possibilitar essas reversões padrão.

A certificação, no entanto, seria um desafio, porque as reversões teriam que ser "absolutamente previsíveis". Desta forma, a tecnologia de cockpit vestível é outra possibilidade para a aviação civil. Em vez do rastreamento da cabeça e do olho através de um capacete, os pilotos podem usar um fone de ouvido ou óculos especiais. Talvez o piloto possa olhar para uma tela e depois selecioná-la por um comando de voz ou pressionar o botão.

Essa tecnologia pode fazer uma grande diferença em uma aeronave monopiloto. Mas existem muitos desafios e a tecnologia vestível não aparecerá na aviação civil por pelo menos 10 a 15 anos. O controle por gestos também pode ser uma adição útil em combinação com o controle por voz. Um piloto poderia apontar para um transponder, por exemplo, e dizer "selecionar" e "1200" em vez de discar os números. O ajuste da frequência de rádio pode ser outra oportunidade se o controle por gestos for oferecido.

Assim, podemos chegar a conclusão que, quanto maior a tecnologia embarcada a bordo do cockpit, maior a automação, e por sua vez, menor o workload do piloto. Porém, quanto mais tecnologia a bordo, mais é requerido que o piloto estude, e tenha um profundo conhecimento de todas as tecnologias embarcadas, assim como seu devido funcionamento e sua forma operacional

REFERENCIAS

- AEROFLAP. **Boeing apresenta novo cockpit do 777x**. 2017. Disponível em: <https://www.aeroflap.com.br/boeing-apresenta-novo-cockpit-do-777x/>. Acesso em: 20 Jan. 2020.
- AEROTD. Escola de Aviação Civil. **Instrumentos**. Publicado por professor Evandro Caros Ferreira. 2015. Disponível em: <https://aerotd.com.br/decoleseufuturo/wp-content/uploads/2015/05/INSTRUMENTOS-.pdf> Acesso em: 20 Jan. 2020.
- BARBOSA, Thadeu L. G., JONAS, Liasch F. **Evolução do Cockpit**. 9º Encontro de Atividades Científicas, Londrina-PR, 2006. Disponível em: <https://repositorio.pgsskroton.com/bitstream/123456789/8143/1/EVOLU%C3%87%C3%83O%20DO%20COCKPIT.pdf> Acesso em: 20 Jan. 2020.
- BOCCATO, V. R. C. **Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação**. Rev. Odontol. Univ. Cidade São Paulo, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006.
- CENIPA. CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS. **Introdução de Displays eletrônicos digitais em aeronaves de pequeno porte**. 2018. Disponível em: http://sistema.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/arquivos/glass_cockpit_final.pdf Acesso em: 20 Jan. 2020.
- CIENCIATECNOLOGIAFOCO. Informação de Qualidade. **Profundor (Engenharia Aeronáutica)**. 2019. Disponível em: <http://cienciatecnologiafoco.blogspot.com/2019/06/profundor-engenharia-aeronautica.html> Acesso em: 20 Jan. 2020.
- CJNET (2019). **Laboratório de impressão em 3D**. Disponível em: <https://www.cnet.com/pictures/how-honeywell-uses-3d-printing-to-make-plane-parts/> Acesso em: 24 Jan. 2020.
- DORNEICH, Michael C. **Segurança espacial e desempenho humano**. Elsevier, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2016-0-00319-4>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/book/9780081018699/space-safety-and-human-performance#book-description> Acessado em: 20 Jan. 2020.
- ELIBRAS. **Novo sistema de cockpit digital reduz a carga de trabalho dos pilotos e aumenta ainda mais a segurança em voo**. 2016. Disponível em: https://www.helibras.com.br/website/po/press/H135-recebe-certifica%C3%A7%C3%A3o-da-EASA-para-o-pacote-de-avi%C3%B4nicos-Helionix_420.html Acesso em: 20 Jan. 2020.
- MAY, T. **Pesquisa social: questões, métodos e processo**. Porto Alegre, Artmed, 2004.
- NASA. **O cockpit do ônibus espacial Atlantis**. 2018. Disponível em: <https://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/shuttle/sts-101/hires/jsc2000e10522.jpg>. Acesso em: 20 Jan. 2020.

SAE. **Aviônicos, revolução da cabine de vidro: fatores humanos; e brochura sobre tecnologias emergentes** – 2008. ISBN-10: 0768020859.

SKYBRARY, EBS. **Saco de voo eletrônico**. “Mala Eletrônica de Voo”. 2018. Disponível em: https://www.skybrary.aero/index.php/Electronic_Flight_Bag Acesso em: 20 Jan. 2020.

SKYBRARY. **A388, em rota Ilha Batam Indonésia, 2010**. Disponível em: https://www.skybrary.aero/index.php/A388_en-route_Batam_Island_Indonesia_2010 Acesso em: 20 Jan. 2020.

SKYBRARY. **B738, vizinhança Amsterdã, Holanda 2009**. Disponível em: https://www.skybrary.aero/index.php/B738_vicinity_Amsterdam_Netherlands_2009 Acesso em: 20 Jan. 2020.

SKYBRARY. **Flight-crew human factors handbook**. CAP 737, 2014. Disponível em: <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/3199.pdf>: Acesso em: 20 Jan. 2020.

SKYBRARY. **Licença de piloto de tripulação múltipla (MPL)**. 2019. Disponível em: [https://www.skybrary.aero/index.php/Work_in_progress:Multi-crew_Pilot_Licence_\(MPL\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Work_in_progress:Multi-crew_Pilot_Licence_(MPL)) Acesso em: 20 Jan. 2020.

SKYBRARY. **Procedimentos Operacionais Padrão**. 2018. Disponível em: [https://www.skybrary.aero/index.php/Standard_Operating_Procedures_\(SOPs\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Standard_Operating_Procedures_(SOPs)) Acesso em: 20 Jan. 2020.

SKYBRARY. **Sistema de indicação do Motos e Alerta de Tripulação (EICAS)**. 2017. Disponível em: [https://www.skybrary.aero/index.php/Engine_Indicating_and_Crew_Alerting_System_\(EICAS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Engine_Indicating_and_Crew_Alerting_System_(EICAS)) Acesso em: 20 Jan. 2020.

STRATEGY, Brasil. **Aeroespacial**. 2019. Disponível em: <https://www.strategyand.pwc.com/br/pt/o-que-fazemos/setores/aeroespacial.html> Acesso em: 20 Jan. 2020.

THEVENIN D., CALVARY G. & COUTAZ J. **A development process for plastic user interfaces**. In *Proceedings of the CHI'2001 Workshop: Transforming the UI for Anyone, Anywhere, Seattle, Washington, USA* (2001). Disponível em: <https://www.wiley.com/en-br/Multiple+User+Interfaces%3A+Cross+Platform+Applications+and+Context+Aware+Interfaces-p-9780470091692> Acesso em: 24 Jan. 2020.

TOMAZZONI, Leonardo. **A utilização de glass cockpit em aeronaves de pequeno porte**. Unisul, Palhoça. 2019. Disponível em: <https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/7720/Monografia%20-%20Leonardo%20Tomazzoni.pdf?sequence=1> Acesso em: 20 Jan. 2020.

TURISMO (2015). Jornal do Turismo. **Honeywell equipa Falcon 5x Dassault com tecnologias de cockpit**. Disponível em: <https://www.jornaldeturismo.tur.br/aviacao/66504-honeywell-equipa-falcon-5x-dassault-com-novas-tecnologias-de-cockpit> Acesso em: 24 Jan. 2020.

UBIRATAM, Edmundo. **Revolução digital no cockpit**. Aero Magazine, revista UOL. 2014. Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/revolucao-digital-no-cockpit_1597.html Acesso em: 20 Jan. 2020.

VERTEGAAL R. & POUPYREV I. *Organic user interfaces Introduction*. Commun. ACM 51, 6 (2008), 26–30. Disponível em: <http://www.ivanpoupyrev.com/wp-content/uploads/2016/10/CACM-intro.pdf> Acesso em: 24 Jan. 2020.