

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AERONÁUTICAS

**A EVOLUÇÃO DAS CABINES DE COMANDO E A NECESSIDADE DE
ADAPTAÇÃO AOS FATORES HUMANOS**

GOIÂNIA
2022

JOÃO VICTOR GOMES DO CARMO

**A EVOLUÇÃO DAS CABINES DE COMANDO E A NECESSIDADE DE
ADAPTAÇÃO AOS FATORES HUMANOS**

Artigo Científico apresentado à Pontifícia
Universidade Católica de Goiás como
exigência parcial para a obtenção do grau
de Bacharel em Ciências Aeronáuticas.
Prof. Orientador: M. Sc. Raul Francé
Monteiro.

GOIÂNIA

2022

JOÃO VICTOR GOMES DO CARMO

**A EVOLUÇÃO DAS CABINES DE COMANDO E A NECESSIDADE DE
ADAPTAÇÃO AOS FATORES HUMANOS**

GOIÂNIA-GO, 8/12/2022.

BANCA EXAMINADORA

M. Sc. Raul Francé Monteiro _____ CAER/PUC-GO

Assinatura

Nota

Dr^a Anna Paula Bechepeche _____ CAER/PUC-GO

Assinatura

Nota

Esp. Salmen Chaquip Bukzem _____ CAER/PUC-GO

Assinatura

Nota

A EVOLUÇÃO DAS CABINES DE COMANDO E A NECESSIDADE DE ADAPTAÇÃO AOS FATORES HUMANOS

João Victor Gomes do Carmo¹
Raul Francé Monteiro²

RESUMO – Durante a primeira década que se seguiu após a criação das aeronaves, elas eram tratadas apenas como um refinado divertimento da alta sociedade europeia. Com o advento da I Guerra Mundial, percebeu-se que elas poderiam ser utilizadas como um artefato de observações militares, mas logo acabaram promovidas a armas de combate, o que garantiu vultosos investimentos para o desenvolvimento do segmento. Com o final da guerra, o excesso de aeronaves militares disponíveis deu-lhes uma nova destinação, agora voltada para atividades civis. O transporte de pequenas cargas revelou-se simples, mas o de passageiros ainda se ressentia do medo do desconhecido, e isto afastava tanto investidores como clientes, fazendo com que a palavra ‘segurança’ norteasse as práticas da indústria aeronáutica. Assim, novos projetos e o avanço de diversas tecnologias sugeriam a implantação de um novo *cockpit* nas aeronaves e, com isso, surgiam também as dificuldades para o monitoramento do trabalho, pois não foram considerados os limites físicos (ergonômicos) e mentais dos tripulantes. Além disso, as aeronaves mais modernas passaram a exigir um terceiro tripulante (engenheiro de voo). Com o tempo e mais investimentos tecnológicos, nos anos 1960, surgiram as cabines *glass cockpit*, que trouxeram modernos displays e permitiram o monitoramento por apenas dois tripulantes. A partir dessas constatações, este estudo tem como objetivo apresentar a evolução deste segmento e a ciência da ergonomia, que trata da interação homem-máquina, de elevada importância na aviação. Para tanto, lançou-se mão da pesquisa exploratória com a finalidade de fornecer informações sobre o tema e orientar os objetivos, os métodos e a formulação das hipóteses. A pesquisa bibliográfica deu suporte às investigações mediante o uso de publicações diversas – como dissertações, teses, documentos eletrônicos e matérias especializadas – na busca e alocação de conhecimento sobre o tema. Foi possível perceber, ao final da investigação, que há necessidade de novas tecnologias e transformações no *deck* de voo, assim como uma mudança de paradigmas para a adaptação do humano em seus postos a bordo.

Palavras-chave: Aviação civil; Ergonomia; *Cockpit*; Fator Humano; Evolução das aeronaves.

ABSTRACT – *During the first decade that followed after the creation of the aircraft, they were treated only as refined entertainment of the European high society. With the advent of World War I, it was perceived that they could be used as an artifact of military observations, but soon they ended up being promoted to combat weapons, which guaranteed significant investments to the development of the segment. With*

¹ Graduando do curso de Ciências Aeronáuticas, E-mail: jvgdc2000@gmail.com.

² Mestre em Psicologia e Especialista em Docência Universitária pela Universidade Católica de Goiás. Professor da Escola de Ciências Exatas e da Computação da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Piloto de Linha Aérea – Avião, EC-PREV pelo CENIPA e credenciado SGSO pela ANAC. Endereço eletrônico: cmterfrance@hotmail.com.

the end of the war, the excess of available military aircraft gave them a new destination, now focused on civil activities. The transport of small loads proved to be simple, but the one of passengers still suffered from the fear of the unknown, and this drove away both investors and customers, making the word 'safety' guide the practices of the aeronautical industry. Thus, new projects and the advance of various technologies suggested the implementation of a new cockpit in the aircraft, and with that, difficulties also appeared in monitoring work, then the physical (ergonomic) and mental limits of the crew were not considered. In addition, more modern aircraft now require a third crew member (flight engineer). Over time and with more technological investments, in the 1960s, glass cockpit cabins emerged, which brought modern displays and permitted the monitoring of only two crew members. Based on these findings, this study aims to present the evolution of this segment and the science of ergonomics, which deals with human-machine interaction of great importance in aviation. Therefore, exploratory research was used in order to provide information on the subject and guide the objectives, methods, and formulation of hypotheses. The bibliographical research supported the investigations through the use of various publications – such as dissertations, theses, electronic documents and specialized materials – in the research and allocation of knowledge on the subject. It was possible to perceive, at the end of the investigation, that there is a need for new technologies and transformations on the flight deck, as well as a change of paradigms for the adaptation of the human in their positions on board.

Keywords: *Civil Aviation; Ergonomics; cockpit; Human Factor; Aircraft evolution.*

INTRODUÇÃO

O transporte aéreo civil cresce cada vez mais a cada ano, e, para garantir a segurança de todos os usuários e praticidade nas novas aeronaves, novas tecnologias são constantemente atualizadas. Pacotes de automação modernos contam com as cabines *glass cockpit*, tecnologia implementada em praticamente todas as aeronaves de grande porte e, cada vez mais, em aviões de menor porte, com o objetivo de simplificar o operacional e propiciar navegação mais eficiente e segura.

Porém, toda essa praticidade pode trazer alguns efeitos. Em um ramo onde se busca o número de acidentes aéreos zero, os novos cenários de trabalho são tão modernos que podem gerar dificuldade de adaptação de alguns pilotos, na medida em que não contempla seus limites físicos (ergonômicos) e mentais.

Isso considerado, esta pesquisa tem como objetivo apresentar parte da evolução de algumas das tecnologias na cabine de comando no decorrer do tempo, assim como mostrar, por outro lado, que é possível haver dificuldades em relação à

disposição dos instrumentos no *cockpit* (ergonomia), por não se levarem em consideração os limites dos pilotos.

Para o melhor tratamento dos objetivos e adequação da pesquisa, adotou-se a pesquisa exploratória, com a finalidade de obter mais informações sobre o tema e orientar os objetivos, os métodos e a formulação das hipóteses. Para tanto, foram utilizados procedimentos bibliográficos por meio de consulta a livros, artigos científicos, documentos eletrônicos e enciclopédias, na busca por conhecimento sobre o tema.

O trabalho está estruturado em três seções. A primeira apresenta a evolução dos *cockpits* no decorrer de décadas, assim como as causas da má adaptação das cabines aos fatores humanos. A seção dois trata de apresentar possíveis soluções para esses problemas e, finalmente, são delineadas as considerações finais.

Constata-se que a rápida evolução das tecnologias na indústria aeronáutica tem trazido grandes benefícios à área, porém os processos mentais dos pilotos podem não estar evoluindo na mesma velocidade para a utilização desses equipamentos, uma vez que se constata uma má adaptação destes aos aviadores, dificultando a interação dos pilotos aos novos processos, o que pode acarretar incidentes ou acidentes. Essas ocorrências, porém, podem ser evitadas, caso essas novas tecnologias levem em conta os limites físicos e cognitivos dos pilotos.

1 EVOLUÇÃO DAS CABINES

Todos os meios de transporte necessitam de uma cabine de controle por meio da qual o humano interage com os controles da máquina, como, por exemplo, a ponte de comando de um navio ou a cabine de controle de uma locomotiva. Porém, nenhuma exige tanta habilidade e monitoramento do operador quanto a cabine de uma aeronave, em que o menor descuido ou o treinamento inadequado do fator humano pode causar dezenas ou centenas de fatalidades. Assim, durante os primeiros anos do surgimento e desenvolvimento das aeronaves (entre 1906 e 1910), foi testada uma grande variedade de posições para os pilotos e equipamentos embarcados. No início da década de 1910, os pilotos receberam um pouco mais de atenção: o esqueleto do avião foi coberto com tecido, permitindo uma abertura (*cockpit* aberto) para a cabeça e ombros do piloto no topo do avião (COOMBS, 2005).

Coombs (2005) relata que, com o início da I Guerra Mundial, ocorrida entre 1914 e 1918, os aviões passaram a ser utilizados em combate, o que forçou um rápido desenvolvimento dessas aeronaves e equipamentos associados. Até meados de 1915, as aeronaves tinham um ou dois instrumentos na cabine e, assim, os pilotos mantinham atenção ao som do motor, que, caso não emitisse ruídos “saudáveis”, recebia maior atenção. Em decorrência, os indicadores de pressão do óleo e de RPM ganhavam maior atenção, o que significa que até essa época ainda não era dada grande importância ao local onde os poucos mostradores e instrumentos ficavam posicionados.

Assim, no início da guerra, foram utilizados aviões frágeis e com cabines simples, sem muita proteção ao piloto. Modelos como os franceses Bleriot e o Farman mostram essa condição. Durante o desenrolar da guerra, as aeronaves já contavam com mais de seis instrumentos. O conjunto essencial consistia em indicador de velocidade, altímetro, indicador de nível lateral, bússola, medidor de pressão de combustível e pulsômetro. O último item era um visor no qual o piloto podia ver que a bomba de óleo do motor estava funcionando corretamente, observando os pulsos de óleo. Alguns *cockpits* ainda podiam apresentar um amperímetro. Além desses avanços, com a promoção do papel dos novos aviões na guerra – de observadores para observadores combatentes – eles foram equipados com armamentos fixos para sua defesa e para ataque. Depois de alguns testes, as armas de tiro em série, as metralhadoras, foram escolhidas para compor a estrutura das novas máquinas aéreas, sucedidas por granadas e bombas (COOMBS, 2005).

1.1 Evolução das cabines entre 1918-1939

Com o fim da Primeira Guerra Mundial, iniciou-se uma nova era, chamada, posteriormente, de Período Entreguerras (1918-1939), em cujos primeiros anos confeccionavam-se aeronaves de madeira, arame e tecido, e nos últimos já se tinham aeronaves de fuselagem de metal e couro, com *cockpits* fechados, diferentemente dos modelos usados no início da era. Algumas das primeiras tentativas de utilização de aeronaves como meios de transporte para civis foram feitas antes mesmo do final da primeira guerra. Três delas influenciaram a aviação civil.

A primeira, ainda segundo Coombs (2005), foi a fundação, em 1909, pelo conde Zeppelin, da *Deutsche Luftschiffahrts-Aktiengesellschaft* (ou *German Airship Travel Corporation*, em português, *Corporação Alemã de Viagens de Dirigíveis*) também chamada de DELAG, considerada a primeira companhia aérea do mundo. Entre seus objetivos, estava o de promover seus dirigíveis na busca de clientes para o transporte de passageiros e até para atividades militares. Inicialmente foi utilizado o dirigível LZ 6, destruído em 14 de setembro de 1910, devido a um incêndio acidental (COOMBS, 2005).

A segunda se deu em virtude da criação do serviço postal do governo americano, no ano de 1917. Após a I Grande Guerra, esse serviço passou a utilizar as aeronaves inglesas Airco DH.4, originalmente fabricadas como bombardeiros biplanos para dois tripulantes, *cockpit* aberto, desprovidas de instrumentos para voo noturno, mas mais velozes que os meios de transporte convencionais, voltadas para atuação na rota de Nova York a São Francisco.

A terceira tentativa consistiu nos voos realizados pela Força Aérea Inglesa (*Royal Air Force – RAF*), que transportavam oficiais e políticos entre Londres e Paris, porém, não eram voos confortáveis, uma vez que os passageiros voavam em aeronaves de *cockpits* abertos em situação semelhante à dos antigos observadores ou artilheiros da I Guerra (*Ibidem*).

O final da I Guerra subitamente freou o avanço tecnológico na aviação, que estava prestes a entrar em uma nova fase em função do investimento dos Estados envolvidos na contenda. No entanto, com a comprovação da eficácia aérea durante a guerra, novas exigências foram propostas, como a necessidade de inclusão de sistemas de oxigênio para voos em maiores altitudes (*Ibidem*).

Os recursos pra esta área, que outrora eram praticamente ilimitados, foram cortados severamente em tempos de paz. O país mais afetado por esses cortes foi a Alemanha que, devido ao Tratado de Versalhes, foi proibida de desenvolver tecnologias para uso bélico e, sendo uma das maiores potências da época, teve suas fontes de pesquisas praticamente eliminadas. Desse modo, tecnologias que poderiam ter sido desenvolvidas em poucos anos foram adiadas em mais de uma década, afirma Coombs (2005).

Porém, ainda assim, aeronaves com estruturas inteiramente metálicas foram criadas especialmente pelos engenheiros Adolf Rohrbach e Hugo Junkers, que futuramente desenvolveriam aeronaves para a Luftwaffe (Força Aérea Alemã) da

Alemanha Nazista (1933-1945). Mesmo com poucos recursos, equipamentos alemães de *cockpit*, como o rádio, foram desenvolvidos, o que impactou positivamente as tecnologias subsequentes da aviação (Ibidem).

Contudo, Coombs (2005) adverte que nos dez anos que se seguiram após a I Grande Guerra, o transporte aéreo de civis foi desenvolvido de forma lenta, inicialmente em atividades como o serviço postal americano, como já mencionado, e no transporte de V.I.P.s³ pela RAF. Para o transporte de civis, eram utilizados aviões militares adaptados, como, por exemplo, o Faman F. 60 Goliath, já que, com o fim da guerra, muitos equipamentos tornaram-se ociosos e foram vendidos a preços muito baixos. De modo geral, os *cockpits* das aeronaves utilizadas para esse transporte não eram muito diferentes dos usados na guerra: havia, ainda, poucos instrumentos, e os existentes eram, em geral, voltados a mostrar o desempenho do motor (Ibidem).

O desenvolvimento de instrumentos que atendessem aos pressupostos de navegação e comunicação surgiram por volta dos anos 1920 a 1930, com tecnologias para voo noturno, inserção de horizonte artificial, indicadores de giro e inclusão de outros instrumentos, o que melhorou o ambiente de trabalho e, por consequência, o desempenho das aeronaves, sem, contudo, refletir no *design* do *cockpit*. No período, estudos sobre ergonomia e fatores humanos eram praticamente inexistentes e algumas situações tornavam o voo perigoso, como casos nos quais o gás carbônico expelido dos motores podia chegar à cabine de comando e provocar mal-estar nos pilotos, levando-os a desmaios fatais (Ibidem).

No mesmo período (1920 a 1930), ainda conforme Coombs (2005), órgãos reguladores da aviação civil, para minimizar riscos, permitiam que as janelas pudessem ser abertas, oferecendo melhor visibilidade para os tripulantes durante as operações de voo, pousos e decolagens com baixa visibilidade. Isto propiciava aos pilotos experientes a utilização de seus conhecimentos das áreas sobrevoadas para encontrar os pontos para navegação visual, mas ainda assim havia riscos por estarem voando com baixa visibilidade. Desta forma, os procedimentos de voos em mau tempo foram atendidos pelo uso de rádios VHF utilizados na comunicação com os poucos órgãos de controle existentes ou mesmo com outras aeronaves, com a finalidade de aumentar a segurança e regularizar as operações nas companhias

³ *Very Important Person*, ou seja, pessoa muito importante

aéreas, algo que se tornou essencial para aeronaves civis e motivou a criação de melhoras nos equipamentos do *cockpit*.

No início da década de 1930, um dos grandes focos era a pressurização de aeronaves com o objetivo de poder voar ainda mais alto e não depender do clima. Algumas aeronaves experimentais foram construídas com esse propósito nessa época, como JU 49 da alemã Junkers em 1931 e o Farman F-1000, que anos depois vitimou fatalmente o piloto devido a uma falha que causou uma rápida descompressão na aeronave (LIRON, 1984). Em 1934, a *Trans World Airlines* (TWA) estava comprometida com esse objetivo e experimentava as aeronaves DC-1 e Northrop Gamma, equipadas com *cockpits* pressurizados, e 1939 aeronaves postais Farman 2234, que pressurizadas voaram a 25.000ft nas travessias do Atlântico Sul (COOMBS, 2005).

Em 1938, o Boeing 307 (Anexo 1) foi o primeiro avião pressurizado não experimental produzido para ser utilizado na aviação civil, mas as inovações não alcançaram a contento a posição dos instrumentos do *cockpit*; ao contrário, pode-se apontar um retrocesso no modelo, que reuniu os conjuntos de alavancas para cada piloto, que já haviam sido separados em modelos anteriores da Boeing. O acelerador, mistura, hélice e outros controles do motor estavam em um pedestal central, e o painel de controle do piloto automático era posicionado no painel de instrumentos central com indicadores de rotação do motor e pressão acima. No entanto, a Pan Am, uma das principais operadoras do 307, tinha suas próprias preferências de arranjo na disposição dos controles e instrumentos (Ibidem). A disposição dos dispositivos, portanto, não seguia uma padronização em relação a outras fabricantes e empresas aéreas.

1.2 Evolução das cabines entre 1939-1955

Coombs (2005) prossegue em seu minucioso relato, afirmando que durante os primeiros meses da Segunda Guerra Mundial (iniciada em 1939), as três maiores forças aéreas que lutavam no momento (Francesa, Britânica e Alemã) apresentaram equipamentos de cabine diversos em suas aeronaves; em conjunto, esses *cockpits* criaram um ponto de declínio das ideias e equipamentos da Primeira Guerra, tendo multiplicado o número de instrumentos, mas os *cockpits* de ambas as guerras ainda eram similares em tecnologia e ergonomia, exceto pela inclusão do radar e mais

interruptores devido ao aumento de circuitos elétricos. Alguns instrumentos também foram modificados, como o leitor de velocidade, que introduziu a medição de altitude, e o altímetro, que passou a usar a temperatura do ar. Motores britânicos e alemães também receberam controles automáticos que diminuía a necessidade de monitorar a todo momento indicações do motor, o que ajudava muito durante batalhas aéreas, algo bastante comum com os sistemas integrados das aeronaves atuais.

Algo comum era a falta de padronização na posição, formato e cores dos manetes de controle de potência dos motores, de controle da mistura ar-combustível, e de controle do passo ou ângulo das pás das hélices. Estes são os manetes utilizados em diversos momentos dos voos, mas principalmente para os pousos e decolagens, podendo levar os pilotos a erros, em situações nas quais intuitivamente venham a acionar um comando similar, por vezes pelo hábito memorizado de outras aeronaves (FITTS; JONES, 1947 apud CHAPANIS, 1972 apud MARTINS, 2006). O piloto da *RAF Gordon White* fez propostas para uma melhor padronização, argumentando que os instrumentos deveriam estar posicionados com base na utilização em cada parte do voo. Também foi proposto que tivessem uma maior quantidade de cores para diferenciar os grupos de instrumentos e que as classes de aeronaves deveriam ter uma padronização, independentemente da fabricante, porém algumas dessas ideias demoraram mais três décadas para se concretizarem (COOMBS, 2005).

Apesar de a aviação civil ter-se mantido operante durante os anos da II Grande Guerra (1939-1945) nos Estados Unidos, poucos foram os avanços tecnológicos no *cockpit*, pois aeronaves como o DC-3 (Anexo 2) e o Lockheed Lodestar (Anexo 3), mesmo sendo desenvolvidas durante a guerra, ainda mantinham instrumentos da década de 1930. Porém, após 1945, os *cockpits* foram mudando gradualmente para atender à necessidade dos novos motores e das operações que estavam sendo implementadas como, por exemplo, introduzindo o reverso de hélice e as telas de radar meteorológico (Ibidem).

Nos dez anos que se seguiram após o final da guerra, houve um elevado crescimento do transporte aéreo civil e, apesar da quantidade de acidentes por distância percorrida ter-se mantido semelhante aos números pré-guerra, a quantidade de aeronaves era maior e, com isso, ocorriam mais mortes em acidentes aéreos. Era possível dividir esses acidentes em três tipos (COOMBS, 2005).

O primeiro seria relacionado à perda de controle, causando *stol* (perda de sustentação da aeronave) ou a ultrapassagem dos limites da aeronave – por exemplo, um avião que entra em *stol* após o piloto aumentar o *flap* (dispositivo de controle de sustentação), em vez de subir o trem de pouso, ao se confundir com as alavancas devido a elas serem próximas e terem o mesmo formato. O segundo consistia em colisões entre aeronaves, devido ao deficiente campo de visão das cabines ou erro nas informações do controle de tráfego aéreo propiciado pelos equipamentos inadequados da cabine. O terceiro se caracteriza por colisões contra o solo causadas pela equivocada leitura de instrumentos de navegação e altímetro (normalmente o altímetro de três ponteiros era a causa), ou pelo piloto não perceber a falha de um instrumento. É perceptível que a falta de um *design* adequado ou boa ergonomia do *cockpit* são fatores que contribuem para a ocorrência dos três casos (Ibidem).

1.3 Evolução das cabines entre 1955-1970

Coombs (2005) informa que, com a popularização dos motores a jato em aeronaves de transporte civil, por volta de 1955 – como o Boeing 707 (Anexo 4), de 1958 –, os parâmetros de *design* do *cockpit* das aeronaves civis tiveram que ser modificados para atender às exigências dos novos motores, com o fim de estabelecer, o mais cedo possível, a rota de aproximação ideal. Passaram a ser instalados equipamentos duplos que tinham instrumentos de medição independentes, como o *pitot*⁴, de modo com que cada piloto tivesse o seu próprio equipamento, o que evitava incidentes em caso de leituras errôneas ou falha em um dos equipamentos, pois havia redundância. A grande diferença nas características de voo entre as aeronaves com motores a jato e a hélice também evidenciou a falta de padronização na forma como os equipamentos eram dispostos no *cockpit*. A Força Aérea dos Estados Unidos (USAF) já havia estabelecido a padronização *Basic T*, adotada para o uso em aeronaves civis, que consiste no posicionamento do indicador de direção (bússola) e do horizonte artificial na reta vertical ao centro, e altímetro e indicador de velocidade nas extremidades horizontais do T (Anexo 5).

⁴ Instrumento de medição.

Na década de 1970, viu-se uma rápida introdução dos dispositivos automáticos nos *cockpits* de aeronaves de transporte civil, criados com finalidade de ajudar a tripulação a tornar o voo mais seguro, prático e eficiente, tanto reduzindo o consumo de combustível como encurtando o tempo de voo. A automação dos vários sistemas anteriormente operados manualmente, como sistemas de avisos e alertas sofisticados de proximidade do solo (GPWS) e detecção de estol, passaram a auxiliar as tripulações a identificarem os perigos iminentes e, desta maneira, também foram eliminados alguns postos de trabalho *cockpit*. Ficou claro que não eram mais necessários um engenheiro de voo, um navegador e um rádio operador, pois as funções por eles exercidas seriam realizadas pelos dois pilotos com o apoio dos pacotes de automação. Porém, a vinda de toda essa automação levantou preocupações relativas à possível dependência dos pilotos desses sistemas. Em outras palavras, eles estariam se tornando complacentes, com chances de incorrer em perda da consciência situacional e de habilidades de voo manuais, algo notado em pilotos que passam de aeronaves com *Glass Cockpit* para aviões menos sofisticados (WIENER, 1989).

1.4 Desorientação espacial

Costa (2022) destaca que, apesar de existir uma capacidade de adaptação dos humanos ao afastá-los de seu habitat, essa adaptação tem limites. Em relação à orientação em voo, ela não ocorre, porque esse ambiente não oferece os estímulos necessários para os sentidos acostumados à vida na terra, ou seja, as referências utilizadas para o equilíbrio e a orientação são diferentes, causando um conflito de informações no cérebro que pode ocasionar uma desorientação espacial. É possível afirmar que 10% dos acidentes aéreos têm como um dos fatores a desorientação espacial, sendo que 90% desses geram fatalidades.

O autor afirma que no geral pode-se dividir a desorientação espacial em três tipos: a não-reconhecida (tipo 1), na qual o piloto não tem consciência de que está ocorrendo algum problema, não percebendo, assim, que a aeronave apresenta algo anormal; a desorientação reconhecida (tipo 2), identificada pelo próprio piloto que, desorientado, opta por agir de acordo com os instrumentos de voo ou passar o comando para o copiloto; e a incapacitante (tipo 3), motivada por alguma incapacidade fisiológica do piloto, como, por exemplo, ser acometido por alguma

alteração ocular momentânea (nistagmo vestibular), que pode comprometer a leitura dos instrumentos no painel e a visão estável de referências fora da aeronave. Nesse caso, o piloto compreende que está desorientado, mas nada pode fazer para corrigir isso, até que passem os efeitos fisiológicos indesejados (GILLINGHAM; PREVIC, 1996).

É possível dizer que 80% da orientação espacial baseiam-se no sistema visual e, segundo a Universidade de Illinois, o tempo médio para entrar em desorientação espacial ao perder a referência visual sem o uso de instrumentos é de cerca de 178 segundos. Após perdida a orientação espacial, principalmente em baixa altitude, reorientar-se torna-se algo muito difícil, situação que pode rapidamente levar a um acidente (COSTA, 2022).

Na aviação, a atualização de tecnologias é extremamente necessária e exigida, principalmente em aeronaves de linha aérea. Por outro lado, em virtude das complexas e constantes novidades tecnológicas, observa-se a pouca experiência com essas inovações em indústrias complexas como a aeronáutica, o que dificulta a rápida adaptação a essas novidades e às suas funções. Desse modo, os *cockpits* tornam-se um campo de pesquisa para se obter dados que levarão ao aperfeiçoamento dos procedimentos, treinamentos e gerenciamentos (como o CRM⁵) com vistas a uma adaptação, reeducação e padronização, tanto dos pilotos antigos quanto dos novos. Atualmente, erros no uso e no gerenciamento dos sistemas automáticos de voo e a perda da consciência da relação lógica entre os comandos do piloto e a execução dos modos automatizados de operação dos computadores das aeronaves já são mais de 20% das causas de acidentes durante as fases de aproximação e pouso (ABREU JÚNIOR, 2008).

2 ERGONOMIA E FATORES HUMANOS

Usando como base a definição da Associação Internacional de Ergonomia, a ergonomia é a ciência que busca compreender a interação dos fatores humanos a outros elementos e a otimização dessa interação, ou seja, as características físicas dos equipamentos devem combinar, o melhor possível, com as potencialidades humanas e adequar-se às suas limitações (MARTINS, 2006).

⁵ *Crew Resource Management.*

Também é possível dividir o estudo da ergonomia em três tipos: ergonomia física, que seria as características anatômicas humanas, como os movimentos repetitivos ou *layout* de local de trabalho; ergonomia cognitiva, que se relaciona com processos mentais como percepção e respostas motoras, como a tomada de decisão e interação humano-computador; e ergonomia organizacional, que se relaciona a estruturas organizacionais como política e processos, como gerenciamento de recursos humanos e de equipe de trabalho (SANTOS, 2006).

Após a Segunda Guerra Mundial, surgiram estudos sobre interação dos fatores humanos com as aeronaves, com destaque para o estudo de Fitts e Jones, de 1947, que apresentava, entre outros pontos, as situações de risco de acidentes decorrentes da má utilização ou interpretação de controles e instrumentos do *cockpit*, não por falta de experiência dos pilotos com os equipamentos, mas pela falta de adequação dos itens do *cockpit* com os fatores humanos. O estudo de Fitts e Jones foi realizado com 500 pilotos convidados a descrever todos os incidentes ou problemas vivenciados nas operações do *cockpit*. Grande parte dos erros e problemas relatados pelos pilotos diziam respeito ao posicionamento, tamanho e cores dos controles, e o cruzamento das respostas extraídas da análise desse estudo possibilitou que os pesquisadores recomendassem mudanças no *design* dos cockpits com o objetivo de reduzir os erros descritos (MARTINS, 2006).

2.1 Ergonomia cognitiva

Normalmente, é necessária uma sucessão de fatores para a ocorrência de um acidente aeronáutico, e a alteração de um desses fatores já poderia preveni-los, razão pela qual acidentes com aeronaves são tão raros. O desastre aéreo de Tenerife, em 27 de março de 1977, é um bom exemplo disso: duas aeronaves Boeing 747, uma da Pan Am e outra da KLM, mesmo com tripulações tecnicamente qualificadas e, sem que qualquer delas apresentassem problemas, colidiram na pista de pouso do aeroporto. É possível dizer que os fatores que contribuíram para esse acidente foram: a demora na decisão de encher os tanques em Tenerife (Ilhas Canárias, na Espanha); a névoa, que tomou conta da pista minutos antes; a superlotação do pátio do aeroporto; a ansiedade do piloto da KLM para decolar, o que diminuía sua capacidade de julgamento, além de estar desacostumado com os procedimentos; erro da saída de pista pela tripulação da Pan Am; e o inglês

deficiente do controlador. Todos esses fatores tornaram esse acidente o maior do mundo, com 583 fatalidades (MARTINS, 2006).

Segundo Martins (2006), a participação humana como um fator causal de acidentes é importante alvo no estudo da ergonomia cognitiva, que sugere que o erro humano não é uma conclusão, mas o início de investigação. Com efeito, levando em consideração que a culpa da maior parte dos acidentes aeronáuticos é atribuída aos pilotos como “erro humano” e que atualmente a cabine dos aviões modernos é dotada de grande complexidade tecnológica, a interação homem-máquina é uma importante área de investigação em acidentes aeronáuticos, principalmente nos fatores ergonômico-cognitivos dessa interação. Culpar um piloto por um acidente, apesar de geralmente satisfazer a opinião pública, é uma abordagem superficial, injustificável e um problema para a prevenção de acidentes (VELASCO, 2018). Isto porque o fator humano na aviação age como um problema e uma solução ao mesmo tempo, segundo o National Aerospace Laboratory (NLR), pois, embora o erro humano seja um fator contribuinte em aproximadamente 75% dos acidentes na aviação civil, os humanos são a melhor proteção contra falhas da máquina (MARTINS, 2006).

A segurança das aeronaves, especialmente as utilizadas por companhias de linha aérea, está intrinsecamente conectada ao conhecimento dos pilotos sobre os seus sistemas e desempenho, assim como está sob o controle desses profissionais. Desse modo, sistemas relativamente simples tendem a ser mais efetivos devido à maior probabilidade de os pilotos recordarem o que deve ser feito em emergências. Assim, além de os sistemas muito complexos tornarem mais difícil a resolução de situações que poderiam ser contornadas mais facilmente pela tripulação, é possível que esses sistemas sejam mal interpretados, causando a perda da consciência situacional, que, de sua feita, leva às más decisões. Sendo assim, equipamentos para uso em situações de emergência devem ter uso rápido e simples. Afinal, processos em duas etapas tendem a ter o dobro de possibilidade de erro, sem comparados a processos de uma etapa (MARTINS, 2006).

Nesse contexto, durante momentos críticos, como decolagem e aterrissagem, ou em uma emergência, a concentração e os olhos do piloto devem focar em um de dois lugares: nos instrumentos de voo ou na janela do *cockpit*. Todos os sistemas de controle e procedimentos de voo que demandem do piloto o

desvio da visão desses lugares em momentos críticos do voo pode ser considerado perigoso, com potencial de causar fatalidades (MARTINS, 2006).

Isto porque a cognição humana, segundo Velasco (2018), não é algo isolado, mas formada por uma série de componentes, como imagens mentais, atenção, consciência, percepção, memória, linguagem, criatividade, foco em resolução de problemas, tomada de decisão, raciocínio e outros. Voar uma aeronave exige a utilização de muitos desses elementos, mas a observação e a reação a eventos dentro do *cockpit* e externos à aeronave são fundamentais. Significa dizer que é exigida do piloto a utilização de informações percebidas a fim de que ele possa, a todo momento, tomar decisões e adotar ações que garantam a segurança da operação e da aeronave, o que faz dos processos cognitivos fatores de extrema importância para o êxito dos pilotos na tarefa de comandar corretamente uma aeronave.

Desse modo, a modernização dos *cockpits*, além de auxiliar na tarefa de controlar a aeronave, fornece uma grande quantidade de informações que devem ser, no entanto, processadas em um curto período, sendo extremamente necessária uma abordagem que não vise apenas o ser humano, mas que contemple a cognição humana do piloto em relação aos equipamentos em seu meio (VELASCO, 2018).

2.2 Interação homem-máquina

Seguindo de perto o pensamento de Abreu Júnior (2008), é possível afirmar que um dos mais importantes desafios da indústria aeronáutica é aperfeiçoar a utilização dos sistemas automáticos das aeronaves modernas. Portanto, as fabricantes devem procurar oferecer aos pilotos e profissionais com atuação na linha de frente da aviação civil sistemas automatizados de fácil compreensão e utilização, visando manter os erros operacionais em níveis baixos e passíveis de gerenciamento.

Nesse sentido, vale elucidar que o nível ideal de automação de um *cockpit* está intrinsicamente ligado ao conforto operacional do piloto durante o exercício de suas tarefas na cabine de comando. As respostas para algumas perguntas podem auxiliar nessa missão, como, por exemplo: Como o sistema foi projetado? Por que foi projetado da maneira que se apresenta? Como o sistema interage e se comunica com o piloto? Como melhor auxiliar-se do sistema em situações incomuns, anormais

ou de emergência? Tais perguntas podem levar à reflexão e proporcionar ideias para a otimização da aviação, sabendo-se, de antemão, que o aperfeiçoamento dos sistemas automatizados deve iniciar-se por uma filosofia operacional clara e de fácil implementação, assim como por normas e procedimentos para complementá-la (ABREU JÚNIOR, 2008).

Velasco (2018) contribui com a discussão ao sustentar que implementação de novas tecnologias não altera imediatamente os processos mentais fixados nos pilotos durante os treinamentos em sua carreira. Ao contrário, é demandado um grande esforço do ser humano para adaptar-se a novas tecnologias que alterem o modelo mental pré-concebido. Mudanças dessa magnitude transformam o fator humano em um elemento vulnerável, com maior probabilidade de erros não intencionais, por não se compreender adequadamente a nova tecnologia. Assim, o crescimento rápido da automação traz consigo a falta de conhecimento de pilotos sobre ações que devem ser tomadas nos novos controles automatizados, em certos momentos e situações não previstas.

Corrigir falhas como a má compreensão de equipamentos, a falta de padronização de amostragens ou o treinamento inadequado não é tarefa simples e, se um sistema não opera como o desejado ou apresenta resultados inferiores aos previstos, seja por erro humano ou falha de projeto, a culpa será, provavelmente, atribuída ao fator humano. Portanto, aumentar as exigências ergonômicas e físicas em torno do avião e do *cockpit* é uma ação preventiva de incidentes e acidentes, mais eficaz, naturalmente, que apenas atribuir culpa ao piloto (VELASCO, 2018).

Nessa mesma linha, Abreu Júnior (2008) defende que as dificuldades com relação à automação dos *cockpits* das aeronaves modernas podem ser amenizadas com a adoção de padrões internacionais de displays e controles que procurem facilitar os processos de cognição, compreensão e operação dos componentes automatizados. Para tanto, uma troca constante de informações entre as fabricantes, empresas e autoridades da área sobre os problemas e experiências com os equipamentos é de extrema importância para que ações sejam tomadas em prol da segurança das aeronaves e de seus ocupantes.

Por certo, projetos de *cockpits* de aeronaves devem ser influenciados por opiniões e pontos de vistas dos pilotos de linha aérea, visando melhor adequação ergonômica dos instrumentos e posições de trabalho. Um banco de dados com a finalidade de obter dados relacionados a fatores humanos na aviação pode ajudar

em pesquisas e projetos que busquem uma melhor interação homem-máquina e uma melhor adequação à realidade dos pilotos (ABREU JÚNIOR, 2008).

Sendo assim, ainda segundo o mesmo autor, é função dos fabricantes entender as potencialidades humanas e adaptar seus projetos aos limites dessas potencialidades. Concomitantemente, pilotos e empresas devem cooperar mutuamente, apresentando os problemas encontrados no dia a dia de uso desses equipamentos, com o objetivo de encontrar boas e rápidas soluções para situações que possam levar a erros e causar situações indesejadas ou incidentes. Ademais, a história da aviação nos mostra que é necessário que as autoridades da aviação civil adotem ações preventivas que equilibrem a ainda deficiente interação homem-máquina, que tem levado a incidentes e acidentes por não respeitar os limites cognitivos dos pilotos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa buscou apresentar as diversas mudanças ocorridas nos equipamentos dos *cockpits*, com o intuito de mostrar, ao final, que há uma má adaptação desses instrumentos às capacidades físicas e mentais dos pilotos.

Durante as primeiras décadas da aviação, pouco se ouvia falar em estudo da ergonomia voltado para o ramo. Em virtude dessa lacuna, acidentes que poderiam ser facilmente evitados com pequenas mudanças no *design* das cabines vieram a ocorrer, enquanto os pilotos eram – e ainda são – responsabilizados. Porém, com o advento de estudos como o de Fitts e Jones algumas adaptações das cabines de comando aos limites dos pilotos vieram a ocorrer, o que evitou alguns acidentes.

Sendo assim, é notória e urgente a necessidade de adaptação das novas tecnologias e dos modernos *cockpits* aos limites dos pilotos, pois mesmo os mais avançados *cockpits* são passíveis de falhas nos *designs*, o que exige uma constante troca de informações entre as fabricantes e os pilotos, principalmente durante os períodos de desenvolvimento e testes, a fim de identificar e corrigir essas falhas, antes que novas tragédias ocorram.

Por certo, a aviação civil é uma área em constante expansão, principalmente nas últimas décadas, mas de alta complexidade. Deve, assim, estar sempre sensível à necessidade de continuar buscando maneiras de tornar-se mais segura, rápida e

prática, com impactos positivos não apenas para os passageiros, mas também para os aviadores e gestores.

REFERÊNCIAS

ABREU JÚNIOR, C. E. **Automação no cockpit das aeronaves: um precioso auxílio a operação aérea ou um fator de aumento da complexidade no ambiente profissional dos pilotos?** 2008. ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), Brasil.

COOMBS, L. F. E. **Control in the Sky: The Evolution & History of the Aircraft Cockpits**, Reino Unido. Leo Cooper Ltd., 2005.

COSTA, S. **Consciência Situacional dos Pilotos em Voo: Estudo do Caso do Acidente do Voo PR-AFA**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, Santa Catarina.

FITTS, P. M.; JONES, R. E. Analysis of factors contributing to 460" pilot-error" experiences in operating aircraft controls. Estados Unidos: Aero Medical Laboratory, 1947. *In*: CHAPANIS, A. A engenharia e o relacionamento homem-máquina. São Paulo: Atlas, 1972. *In*: MARTINS, E. T. **Ergonomia na Aviação: um estudo crítico da responsabilidade dos pilotos na causalidade dos acidentes**. 2006. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife/ PE.

GILLINGHAM, K. K.; PREVIC, F.H. Spatial Orientation in Flight. *In*: DeHart, R. L. **Fundamentals of Aerospace Medicine**. 2nd. ed. Baltimore: William & Willins, 1996. p. 309-97.

LIRON, J. **Les Avions Farman**, França: Larivière, 1984.

MARTINS, E. T. **Ergonomia na Aviação: um estudo crítico da responsabilidade dos pilotos na causalidade dos acidentes**. 2006. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife/ PE.

SANTOS, R. L. G. **Usabilidade de Interfaces Para Sistemas de Recuperação de Informação na Web: Estudo de Caso de Bibliotecas On-line de Universidades Federais Brasileiras**. 2006. Tese (Doutorado em Design) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

VELASCO, O. C. **Ergonomia Cognitiva Como Fator de Risco em Incidentes e Acidentes Aeronáuticos**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, Santa Catarina.

WIENER, E. L. **Human Factors of Advanced Technology ("Glass Cockpit") Transport Aircraft**. 1989. University of Miami, Miami, Florida.

WIKIMEDIA. **Cockpit of Lockheed Lodestar "N31G"**. 2018. Imagem. Disponível em:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cockpit_of_Lockheed_Lodestar_'N31G'_\(40271469211\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cockpit_of_Lockheed_Lodestar_'N31G'_(40271469211).jpg)>. Acesso em: 17 out. 2022.

WIKIPEDIA. **Douglas DC-3** (2022). Imagem. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Douglas_DC-3>. Acesso em: 17 out. 2022.

WIKIPEDIA. **Boeing 307**. 2021. Imagem. Disponível acesso em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Boeing_307>. Acesso em: 17 out. 2022.

WIKIVERSITY. **Aircraft/instruments, engines and systems**. 2020. Disponível em: <https://en.wikiversity.org/wiki/Aircraft/Instruments,_Engines_and_Systems>. Acesso em: 15 out. 2022.

707JET (2022). Disponível em: <<https://www.707jet.com/cockpit/>>. Acesso em: 17 out. de 2022.

ANEXOS

Anexo 1 – Cockpit Boeing 307



Fonte: Wikipedia (2021).

Anexo 2 – Cockpit DC-3



Fonte: Wikipedia (2022).

Anexo 3 – Cockpit Lockheed Lodestar



Fonte: Wikimedia (2018).

Anexo 4 – Cockpit Boeing 707



Fonte: 707jet (2022).

Anexo 5 – Basic T



Fonte: Wikiversity (2020).

E-mail para contato: jygd2000@gmail.com

(62) 9 9809-9911