PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS

ESCOLA POLITÉCNICA

CURSO DE CIÊNCIAS AERONÁUTICAS

**AUTOMAÇÃO EM JATOS COMERCIAIS: UM ESTUDO SOBRE HABILIDADES MANUAIS DE PILOTOS E ACIDENTES**

GOIÂNIA

2021

BRUNO VAZ ROSA

**AUTOMAÇÃO EM JATOS COMERCIAIS: UM ESTUDO SOBRE HABILIDADES MANUAIS DE PILOTOS E ACIDENTES**

Artigo Científico apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás como exigência parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Aeronáuticas.

Professora Orientadora: Esp. Tammyse Araújo da Silva.

GOIÂNIA

2021

BRUNO VAZ ROSA

**AUTOMAÇÃO EM JATOS COMERCIAIS: UM ESTUDO SOBRE HABILIDADES MANUAIS DE PILOTOS E ACIDENTES**

GOIÂNIA – GO, 10/12/2021.

**BANCA EXAMINADORA**

Esp. Tammyse Araújo da Silva \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ CAER/PUC-GO\_\_\_\_\_\_

Assinatura Nota

Dra. Nagi Hanna Salm Costa \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_PUC-GO\_\_\_\_\_\_\_

Assinatura Nota

Esp. Andréluiz da Silva Fernandes \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_CAER/PUC-GO\_\_\_\_\_\_\_

Assinatura Nota

**AUTOMAÇÃO EM JATOS COMERCIAIS: UM ESTUDO SOBRE HABILIDADES MANUAIS DE PILOTOS E ACIDENTES**

***AUTOMATION IN COMMERCIAL JETS: A STUDY ON MANUAL SKILLS OF PILOTS AND ACCIDENTS***

Bruno Vaz Rosa[[1]](#footnote-1)

Tammyse Araújo da Silva[[2]](#footnote-2)

**RESUMO**

Diante do crescente desenvolvimento econômico (à exceção do período mais crítico de pandemia de Covid-19) e tecnológico do setor aéreo, essa pesquisa tem como problemática a relação entre o alto grau de automação dos jatos comerciais, a baixa habilidade dos pilotos em voo manual e os acidentes ocorridos principalmente em função desses dois fatores. O objetivo principal da pesquisa é discutir como essa relação pode ser aprimorada em nome da segurança e da economia na área da aviação. Como objetivos secundários, busca compreender o cenário de desenvolvimento do setor aéreo e as perspectivas futuras, considerando a elevada automação dos jatos comerciais. O estudo utilizou como método a pesquisa de natureza descritiva, com procedimentos documental e bibliográfico. A partir dos dados levantados e dos acidentes reportados, demonstrou-se que, paralelamente ao alto investimento em tecnologia de automação das cabines dos grandes jatos comerciais, é necessário treinar pilotos e tripulação, principalmente para que, em situações de emergência, reconheçam falhas nas aeronaves e em seus sistemas e, assim, possam tomar decisões rápidas e assertivas no sentido de corrigir eventuais problemas ou assumir o controle manual da aeronave com vistas a conduzir passageiros e tripulação de forma segura e eficiente, até o pouso. Para que pilotos não se tornem apenas operadores e controladores desses sistemas automatizados, carecem de constante treinamento em simuladores de voos e da prática do voo manual no dia a dia de suas operações, para que possam ser agentes proativos de seus voos, comandando aeronaves e equipes com sucesso e, minimizando, de efeito, o índice de acidentes aéreos. Das recomendações extraídas dos acidentes estudados nesta pesquisa, fica evidente a necessidade de empresas aéreas e pilotos incorporarem habilidades de voo manual, de modo a aumentar o nível de segurança das operações, levando-se em consideração que, em última instância, são os pilotos com suas habilidades cognitivas de aviadores valorizadas que responderão pelo controle dos voos, preservando vidas e investimentos no setor aéreo.

**Palavras-chave**: Acidentes; Automação; Avião; Piloto; Voo manual.

***ABSTRACT***

*Considering the growing economic development (except for the most critical period of Covid-19 pandemic) and technological development in airline industry, the study’s problematic is the relationship between high automation degree of commercial jets, the low skill of pilots in manual flight and accidents occurred mainly as a result of those two factors. The main objective is to discuss how this relationship can be improved in the name of safety and economy in aviation. As secondary objectives, it aims to understand the airline industry development scenario and its future prospects, considering the high automation of commercial jets. The study used descriptive research as a method, with documentary and bibliographic procedures. From the data collected and the accidents reported, it was evidenced that, concomitantly with the high investment in cabin automation technology of large commercial jets, it is necessary also to train pilots and crew, so that, in emergency situations, they can recognize aircraft and systems failures, so that they can take quick and assertive decisions to correct any problem or take aircraft’s manual control in order to carry passengers and crew safely and efficiently until landing. So that pilots do not become just operators and controllers of these automated systems, they need constant training in flight simulators and manual’s flying practice in their daily operations, so that they can be agents of their flights, commanding aircraft and teams successfully and, consequently, minimizing air accidents rate. From the recommendations extracted from the accidents studied in this research, it is evident the need for airlines and pilots to incorporate manual flight skills, in order to increase operations' security levels, considering that pilots, and their cognitive skills, will be responsible for controlling the flights and preserving lives and investments in airline sector.*

***Keywords:*** *Accidents; Automation; Plane; Pilot; Manual flight.*

**INTRODUÇÃO**

Em um cenário de constante crescimento da indústria aeronáutica em busca, cada vez mais, de segurança e economia, a automação de cabines de comando apresenta-se como um caminho sem volta para a conquista desses objetivos. Diante dessa realidade, a pesquisa aborda a questão da automação dos componentes do *cockpit* e o desafio de se prover uma tripulação que conduza a aeronave e que precisa estar alinhada com os avanços tecnológicos sem deixar de lado os princípios da pilotagem manual, haja vista que, em caso de falhas nos sistemas automatizados, essa mesma tripulação precisa assumir o controle e realizar as manobras que se fizerem necessárias para estabilizar o avião e concluir o voo com segurança.

O objetivo desse estudo é, inicialmente, fazer uma análise da automação utilizada nos grandes jatos da aviação comercial, da dependência cada vez maior dos pilotos em relação a sistemas automatizados e das dificuldades enfrentadas quando estes falham, sendo preciso que a tripulação de voo compreenda o porquê de certas manobras provenientes dos computadores de bordo, de modo a reagir de forma assertiva às falhas e assumir o controle do avião em modo manual. Para conferir mais vivacidade à pesquisa, são descritos três acidentes aéreos que exemplificam falhas da automação e subsequentes falhas da tripulação de cabine em situações de emergência, em especial as relacionadas à interpretação dos problemas no voo e ao controle manual das aeronaves.

O método utilizado no estudo é o descritivo, de pesquisa bibliográfica e documental em materiais disponibilizados pelas Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC), Administração Federal de Aviação dos Estados Unidos (FAA) e Organização da Aviação Civil Internacional (OACI). Foram ainda consultados relatórios finais de agências de investigação de acidentes aéreos, tais como o Escritório de Investigação e Análise de Segurança da Aviação Civil francês (BEA), o Conselho Nacional de Segurança de Transporte (NTSB) estadunidense e a Autoridade Geral de Aviação Civil (GCAA) dos Emirados Árabes Unidos. Informações das transportadoras aéreas Azul e Itapemirim e da empresa Boeing também consistiram em fonte de pesquisa, além de autores como Campos, Casner et al. e Collinson, Fontes e Fay, Rondon, Capanema e Fontes, entre outros.

O estudo justifica-se em razão do número de acidentes envolvendo o binômio alto grau de automação/pouca habilidade em voo manual, visto que a tendência da indústria aeronáutica é o lançamento de jatos cada vez mais automatizados, sem a devida contrapartida em investimentos contínuos em treinamentos e em voo manual, para que, como já mencionado, em caso de falha de equipamentos, o piloto possa assumir o controle da aeronave e conduzir o voo com sucesso.

O tema foi abordado em três seções. A primeira contextualizou a aviação comercial nas últimas décadas, considerando, sobretudo, os aspectos tecnológicos e a formação de pilotos no Brasil. Nesta seção, também foram pontuados três acidentes aéreos ocorridos nos anos de 2009, 2013 e 2016 com suas respectivas análises após divulgação dos relatórios finais de investigação. Na segunda seção foram discutidos os riscos relacionados ao alto grau de automação das aeronaves e suas implicações e os relativos à pouca habilidade dos pilotos em voo manual. Por fim, a terceira seção traz as considerações finais.

**1 AVIAÇÃO COMERCIAL NAS ÚLTIMAS DÉCADAS**

**1.1 A aviação comercial: automação das aeronaves nas últimas décadas**

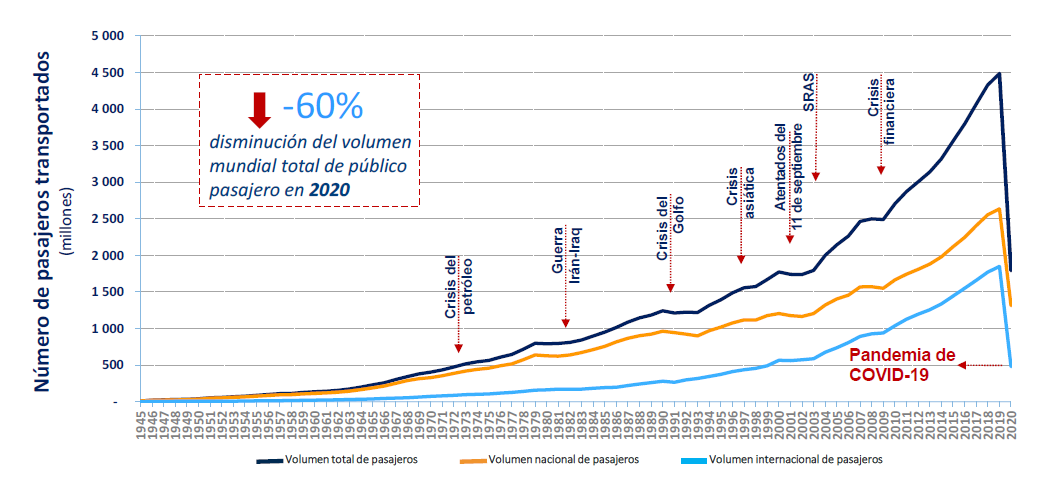
O transporte aéreo no Brasil, considerando em especial as últimas duas décadas e o período anterior à pandemia de Covid-19, vinha em franco desenvolvimento, com destaque para o ano de 2019, em que se observou a maior quantidade de passageiros transportados (119,3 milhões de passageiros pagos transportados), somando-se o mercado doméstico e internacional. Este cenário é apontado pela ANAC (2021) por meio do Anuário do Transporte Aéreo 2020. O Gráfico 1, a seguir, exibe estes dados:

**Gráfico 1** – Evolução da quantidade de passageiros pagos transportados: mercado doméstico e internacional, 2011 a 2020

Fonte: ANAC (2021).

Em termos globais, a OACI[[3]](#footnote-3) (2021) monitora o crescimento do tráfego mundial de passageiros na aviação comercial desde 1945. Observa-se pela Figura 1 que tal evolução foi abalada em épocas de crises políticas e mundiais, sendo a última a da pandemia de Covid-19. Por outro lado, é possível constatar as linhas ascendentes ao longo desses registros, principalmente em 2019, que computou expressivos volumes de passageiros transportados.

**Figura 1** – Evolução do tráfego mundial de passageiros 1945 – 2020 (*tradução nossa*)



Fonte: ANAC (2021).

Sobre o desenvolvimento experimentado até 2019, a Boeing (2019) acrescenta que a aviação comercial cresceu nos últimos anos não só em número de passageiros, mas também em relação à carga transportada e à tecnologia das aeronaves. Os critérios de segurança de voo também ficaram mais rigorosos para atender a esse novo cenário. Trata-se de um mercado muito dinâmico, regido por novas tecnologias e pela busca incessante por maior eficiência, confiabilidade e segurança.

Nesse contexto, segundo Collinson (2011), a indústria aeronáutica tem disponibilizado cabines de comando cada vez mais automatizadas, com sistemas como o piloto automático, que agregam melhoria da segurança operacional, redução no consumo de combustível e incremento na performance das aeronaves, tornando-as mais seguras e confiáveis.

Para Hollnagel e Woods (2005), o uso da automação foi intensificado desde a década de 1930, porém, é a partir da década de 1970, com o surgimento dos computadores e suas facilidades, que houve uma revolução em termos da tecnologia para o uso na aviação.

Em 2003, a Administração Federal de Aviação (FAA)[[4]](#footnote-4) dos Estados Unidos denominou as aeronaves que apresentavam muitos componentes digitais e computacionais em suas cabines de voo como Aeronaves Tecnologicamente Avançadas (TAA[[5]](#footnote-5)). São aeronaves nas quais pilotos interagem com um ou mais computadores para navegar e gerenciar os sistemas do avião, bem como se comunicar com os outros componentes do sistema aéreo. Esses sistemas aumentam o nível de segurança operacional disponível, tornando essas aeronaves potencialmente mais seguras (FAA, 2003).

O Quadro 1 apresenta um mapeamento da evolução tecnológica em aeronaves desde a década de 1930 até os anos 2000.

**Quadro 1 –** Resumo da evolução tecnológica das aeronaves

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Período** | **Inovações Tecnológicas** | **Aeronaves** |
| Década de 1930 | Desenvolvimento do giroscópio e sua utilização nos instrumentos de bordo. | Junkers F-13 |
| Décadas de 1950 e 1960 | Desenvolvimento de sistemas aeronáuticos relacionados com a operação das aeronaves. | Douglas DC-3 |
| Década de 1960 e 1970 | Desenvolvimento e consolidação de grandes aviões de transporte propulsados com motores a reação. | Boeing 707 |
| Década de 1970 e 1980 | Desenvolvimento e consolidação de sistemas autônomos de navegação e redução de tripulantes técnicos a bordo através da automação de funções. | Boeing 767 |
| Década de 1980 e 1990 | Desenvolvimento e consolidação de sistemas de navegação por satélite. | Airbus 330 |
| Década de 1990 até 2008 | Desenvolvimento e consolidação de sistemas de gerenciamento em cabines de alta tecnologia digital. | Boeing 787 |

Fonte: Ribeiro (2008)

Dentre as conquistas obtidas com essas novas tecnologias, Rondon et al. (2014) destacam o voo ponto a ponto (otimizando o tempo e ampliando o aproveitamento do espaço aéreo, com rotas menores, menos gasto de combustível, maior flexibilidade de voo, menos emissão de poluentes)*,* os pousos de precisão por satélites*,* asaproximações com descida contínua e as trajetórias de voo muito mais precisas.

Assim, a automação “foi criada como um recurso para diminuir a carga de trabalho e minimizar a incidência de erros humanos diante da complexidade crescente dos sistemas que integram a aeronave” (COMANDO DA AERONÁUTICA, 2009, p. 86). Nesta linha, Pilati (2012) considera que as cabines de comando passaram de locais onde o piloto fazia a pilotagem da aeronave de forma manual para um ambiente altamente complexo e automatizado, reduzindo, com isso, o número de pessoas nas cabines de sete para duas.

Dessa forma, a atividade dos pilotos tornou-se mais um gerenciamento de sistemas do que um processo de destreza manual em função da utilização dos inúmeros computadores e dispositivos eletrônicos em suas cabines de comando. Significa dizer que com a automação, as aeronaves se tornaram mais seguras e confiáveis, porém, houve uma diminuição no uso das habilidades motoras e um incremento das habilidades cognitivas na realização de operações aéreas, exigindo do piloto um conhecimento sempre atualizado para a sua operação. (RONDON; CAPANEMA; FONTES, 2014).

À vista disso, Wiener e Curry (1980) já apontavam algumas dificuldades que surgiram com a automação das aeronaves e seriam intensificadas, destacando a desumanização em muitas das atividades da cabine, deixando de lado a ação manual do piloto; os alarmes falsos que podem induzir acidentes em razão da grande sensibilidade dos equipamentos, com possibilidade de ocasionar leitura errônea e, consequentemente, propiciar ações equivocadas por parte dos pilotos; o aumento do trabalho mental, visto que os pilotos devem assimilar os sistemas complexos de automação e interpretar corretamente o que está acontecendo na cabine; o excesso de confiança nos equipamentos, que podem fazer com que os pilotos não se atentem para sinais de alarmes ou operações incompletas; e a perda da capacidade de voo manual pela baixa frequência com que os pilotos operam manualmente (WIENER; CURRY, 1980).

**1.2 Formação profissional básica para pilotos comerciais no Brasil: requisitos e licenças**

Como visto, o avanço tecnológico e a automação das aeronaves exigiram que o conhecimento do piloto se aprimorasse e que este enfatizasse aspectos cognitivos, desconsiderando, por outro lado, a dimensão psicomotora. Este novo paradigma levou à discussão dos requisitos para a obtenção das licenças tradicionais de piloto – piloto privado (PP), piloto comercial (PC) e piloto de linha aérea (PLA) – e à necessidade de formação por competência (FONTES; FAY, 2016). Sobre esta formação tradicional, a ANAC estabeleceu requisitos importantes.

A ANAC é o órgão brasileiro responsável por regulamentar os procedimentos e as normas da aviação civil brasileira, constantes nos documentos conhecidos como “Regulamento Brasileiro de Aviação Civil” (RBAC). De acordo com a ANAC (2020), entre estes documentos há um voltado especificamente para as licenças, habilitações e certificados de pilotos da aviação civil: o RBAC 61. Importante anotar que os regulamentos nacionais estão em conformidade com aqueles estabelecidos pela OACI, conhecidos como Anexos. No caso do RBAC 61, sua base está no Anexo 1 da Organização.

A subparte E 61.97 do RBAC 61, Emenda 13, estabelece que, após a obtenção da licença de Piloto Privado (PP), o aeronauta deverá completar, com aproveitamento, um curso teórico de Piloto Comercial (PC) homologado pela ANAC, oportunidade em que estudará as disciplinas da grade curricular obrigatória para então efetuar a banca da ANAC referente à categoria para a qual pretenda obter a licença (ANAC, 2020).

A Agência Reguladora brasileira expõe no mesmo documento os requisitos gerais para a concessão da licença de piloto comercial, quais sejam, idade mínima de 18 (dezoito) anos, conclusão do ensino médio e licença de piloto privado na categoria de aeronave pretendida. Além disso, o candidato também deverá cumprir um mínimo de 150 horas de voo e possuir Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido e de 1ª classe (ANAC, 2020).

Para se tornar Piloto de Linha Aérea (PLA), é necessário, além do CMA de 1ª classe, ter completado 21 anos de idade e realizado 1.500 horas de voo. Destas, pelo menos 250 horas de piloto em comando, 75 horas de voo por instrumentos, 200 de voo de navegação e 100 horas de voo noturno, conforme rege a subparte G 61.141 do RBAC 61 (p. 47), categoria avião:

(i) um total de 1.500 (mil e quinhentas) horas de voo que incluam, pelo menos:

(A) 500 (quinhentas) horas de voo como piloto em comando sob supervisão; ou 250 (duzentas e cinquenta) horas de voo como piloto em comando; ou 250 (duzentas e cinquenta) horas de voo das quais um mínimo de 70 (setenta) horas de voo como piloto em comando, mais o tempo de voo adicional necessário como piloto em comando sob supervisão; (Redação dada pela Resolução nº 344, de 17.09.2014);

(B) 200 (duzentas) horas de voo de navegação, das quais no mínimo 100 (cem) horas de voo como piloto em comando ou como piloto em comando sob supervisão;

(C) 75 (setenta e cinco) horas de voo por instrumentos, das quais um máximo de 30 (trinta) horas de voo podem ser realizadas em dispositivo de treinamento para simulação de voo qualificado e aprovado pela ANAC; e

(D) 100 (cem) horas de voo noturno.

No Brasil, para atuar em Companhias Aéreas, é recorrente a exigência de licença de PC/IFR/MLTE e, em alguns casos, o teórico de PLA. Portanto, o piloto precisa obter a habilitação por instrumentos (IFR), licenças multimotores, passaporte com validade acima de 6 meses e proficiência em inglês nível ICAO 4 ou superior (FERREIRA, 2021).

Além dos requisitos obrigatórios, as principais companhias aéreas do país listam requisitos desejáveis na contratação de pilotos. O Quadro 2 demonstra um comparativo entre elas.

**Quadro 2 –** Requisitos para admissão de pilotos em companhias aéreas brasileiras

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Requisitos** | **AZUL** | **GOL** | **ITAPEMIRIM** | **LATAM** |
| Horas mínimas de voo | 200 | 500 | 200 | 500 |
| CMA 1ª classe válido | Obrigatório | Obrigatório | Obrigatório | Obrigatório |
| Habilitação PP/PC/IFR/MLTE | Obrigatório | Obrigatório | Obrigatório | Obrigatório |
| Inglês ICAO 4 ou superior | Obrigatório | Obrigatório | Obrigatório | Obrigatório |
| Passaporte com validade superior a 6 meses | Obrigatório | Obrigatório | Obrigatório | Obrigatório |
| Curso de Jet Training | Obrigatório | Desejável | Desejável | Obrigatório |
| PLA Teórico | Obrigatório | Desejável | - | Obrigatório |
| Ensino Superior Completo | Desejável | Desejável | Desejável | Obrigatório |
| Habilitação INVA | Desejável | Desejável | - | - |

Fonte: adaptado de Ferreira (2021), Azul Linhas Aéreas (2021) e Itapemerim (2021).

**1.3 Panorama sobre alguns acidentes aéreos na aviação comercial nas últimas décadas**

Sabe-se que a automação trouxe benefícios para a aviação de carreira nos últimos anos, tais como: diminuição da carga de trabalho, padronização de procedimentos, menos interferência manual, economia de combustível e elevação da segurança. Entretanto, como já mencionado, com a automação, aspectos de complacência, confiabilidade excessiva nos sistemas e perda das habilidades manuais também começaram a se instaurar nos *cockpits* das modernas aeronaves (BORGES, 2017). Exemplos envolvendo problemas advindos da automação são citados nos acidentes com o voo 447 da Air France em 2009, com o 214 da Asiana em 2013 e com o 521 da Emirates em 2016, relatados a seguir.

1.3.1 Acidente com o Voo 447 da Air France

No dia 31 de maio de 2009, o Airbus A330, voo 447 da Air France, decolou às 22h29min do Aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim, no Rio de Janeiro, com destino a Paris-França. Estavam a bordo nove comissários, três pilotos e 216 passageiros. O último contato com o avião ocorreu quatro horas após a partida, às 2h14min, a cerca de 1228 km da cidade de Natal/RN. O avião atravessava uma área com formações meteorológicas pesadas. O Airbus caiu no oceano Atlântico, matando todos que estavam a bordo (BEA[[6]](#footnote-6), 2012).

O piloto automático foi acionado logo após a decolagem e deveria ser mantido até pouco antes do pouso, no Aeroporto Internacional Charles de Gaulle; porém, com o congelamento de sondas do lado externo do aparelho – as sondas Pitot –, as indicações sobre velocidade foram perdidas, desorientando os pilotos. Com os medidores congelados, os sistemas automáticos do voo AF 447 entraram em colapso. Isso fez com que o piloto automático se desconectasse (BEA, 2012). A partir daquele momento, o avião deveria ser pilotado manualmente, de forma a manter o controle, velocidade e altitude; mas os pilotos tiveram dificuldade em identificar, interpretar e reagir de acordo com a necessidade da situação (LARANJEIRA, 2012).

Esse acidente mobilizou esforços de vários países, além do Brasil e França, nos trabalhos de buscas pelos destroços, que só foram localizados depois de dois anos, a mais de 4.000 metros de profundidade, juntamente com gravadores de dados de voo e de voz.

A dificuldade de se voar manualmente em ambiente de turbulência e em grandes altitudes foram complicadores a mais com os quais a tripulação teve de lidar, levando o avião a altitudes não condizentes com o voo e, provocando, assim, o estol seguido de queda (RANK, 2018).

1.3.2 Acidente com o Voo 214 da Asiana Airlines

O relatório final do NTSB[[7]](#footnote-7) (2014) aponta que às 11h28min do dia 6 de julho de 2013, o Boeing 777-200ER, voo 214 da Asiana Airlines – que partiu do Aeroporto Internacional de Incheon na Coreia do Sul, com destino ao Aeroporto Internacional de São Francisco, na Califórnia, Estados Unidos – se acidentou na aproximação final da pista de São Francisco, colidindo com um paredão quebra-mar da pista 28L. Esse voo transportava 291 passageiros e 16 tripulantes. Das 307 pessoas a bordo, três morreram e 180 ficaram feridos. Esse foi o primeiro acidente com vítimas fatais do Boeing 777.

O acidente foi causado por uma aproximação muito baixa do avião que fez com que a cauda batesse no solo antes da pista. Com o choque, a parte traseira do avião se separou do restante da aeronave, fazendo com que ela perdesse o controle, parando a 730 metros de distância em relação ao ponto de colisão. A aeronave ficou totalmente destruída após o impacto e o incêndio que ocorreu após o acidente.

O piloto que fazia a aproximação ainda estava trabalhando no processo de certificação da Asiana para o tipo de aeronave e era supervisionado por outro piloto mais experiente. Uma das dificuldades durante esse pouso foi o fato de que o sistema de pouso por instrumentos (ILS)[[8]](#footnote-8) que guiaria automaticamente o avião ao longo de um caminho seguro de descida até a pista estava em manutenção na época. Na verdade, o piloto em comando nunca havia pousado um Boeing 777 sem a orientação da ILS antes.

Sem conhecer bem os controles do avião e com pouca experiência em pouso manual, o piloto em comando acabou desativando alguns sistemas automáticos do Boeing, o que complicou a sua aproximação do solo. Ao perceber que a aeronave apresentava graves problemas de aproximação, o piloto que monitorava o voo assumiu o controle e tentou uma manobra de arremetida, mas já era tarde demais.

O NTSB foi o responsável pela investigação do acidente. Em seu relatório final, apontou as seguintes causas para o acidente:

O não monitoramento adequado da descida da aeronave por parte dos pilotos durante a aproximação visual devido à deficiência no treinamento, a desativação sem intenção do controle automático de velocidade por parte do piloto em comando no momento do acidente, o monitoramento inadequado da velocidade e a demora na tomada de decisão para realizar uma arremetida (NTSB, 2014, p. 118).

O acidente também forçou a Asiana Airlines a examinar seriamente sua política de enfatizar sobremodo a automação em detrimento da perícia em voos manuais.

1.3.3 Acidente com o Voo 521 da Emirates

Relatório final do GCAA[[9]](#footnote-9) (2020) descreve que no dia 3 de agosto de 2016, um Boeing 777-300 da Emirates, vindo do Aeroporto Internacional de Trivandrum, na Índia, sofreu um acidente no pouso em Dubai, às 12h45, horário local. O voo transportava 282 passageiros e 18 tripulantes. Todas as 300 pessoas sobreviveram ao acidente, porém, um bombeiro morreu enquanto tentava controlar as chamas.

Durante a primeira tentativa de pouso, os pilotos não conseguiram pousar o avião dentro da zona da pista do Aeroporto Internacional de Dubai e, então, decidiram arremeter após tocar a pista e recolher o trem de pouso, mas enfrentaram um baixo empuxo dos motores, o que fez com que o avião perdesse velocidade rapidamente. A aeronave caiu de volta na pista 12L e deslizou pelo Aeroporto Internacional de Dubai em pouso de barriga por quase um quilômetro. Poucos minutos depois do impacto, a aeronave pegou fogo, como resultado de uma combustão no tanque central de combustível.

Após uma investigação de quatro anos, a GCAA emitiu um relatório final em 20 de janeiro de 2020. Os investigadores afirmaram que os pilotos não monitoraram as configurações do motor antes do acidente com um Boeing 777-300. A dependência da tripulação da automação da aeronave e a falta de treinamento para procedimentos de arremetida, juntamente com as particularidades de acionamento da função TO/GA, afetaram significativamente o desempenho da tripulação em uma situação crítica de voo diferente daquelas por eles experimentadas durante seus voos simulados de treinamento.

**2 O RISCO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS ASSOCIADO AO ALTO GRAU DE AUTOMAÇÃO DAS AERONAVES E À POUCA HABILIDADE DOS PILOTOS EM VOO MANUAL**

**2.1 Riscos relacionados ao pouco conhecimento dos sistemas das aeronaves e à baixa habilidade dos pilotos em voo manual**

As cabines de comando contam com um alto nível de automação com o objetivo de aumentar os níveis de segurança e reduzir os custos operacionais, como já elucidado. Estima-se que automação é utilizada durante 90% do tempo de um voo comercial (FAA, 2016). Porém, para que esse potencial seja alcançado, é preciso que os pilotos operem os equipamentos de forma eficiente, criando uma nova dinâmica na relação homem e máquina, o que requer mais qualidade cognitiva dos tripulantes (FONTES; FAY, 2016).

Para Pilati (2012), todas as tecnologias podem, por outro lado, apresentar falhas e, por isso, a relação homem e máquina é vital. No momento de uma pane, por exemplo, o sistema perde algumas de suas características e a tripulação precisa identificar o que isso representa, passando de gerenciamento de sistemas com baixa carga de trabalho para voo manual com computadores parcialmente avariados.

A confiança na automação é uma preocupação crescente entre os especialistas do setor, que também questionam se os pilotos recebem treinamento e experiência suficientes para manter a proficiência de voo manual (FAA, 2016; GCAA, 2020).

Segundo Campos (2011), é essencial que o piloto saiba realizar manobras e procedimentos na aeronave utilizando toda a automação disponível. No entanto, ele certamente deve demonstrar também que sabe interpretar as falhas do sistema e voar manualmente quando a segurança do voo estiver ameaçada.

Um estudo da FAA de 2011 sobre segurança aérea revela que em mais de 60% dos acidentes e em mais de 30% dos incidentes aeronáuticos, os pilotos tiveram problemas para pilotar o avião manualmente ou dominar os controles automatizados. O estudo examinou 46 acidentes e incidentes importantes, 734 relatórios voluntários de pilotos e outros tripulantes, bem como dados de mais de 9.000 voos que contaram com a presença de oficiais de segurança nas cabines a fim de observarem os pilotos em ação.

A FAA também expressou no documento SAFO 17007, de maio de 2017, que acredita que manter/melhorar o conhecimento e as habilidades necessárias para as operações de voo manual é essencial para operações de voo seguras. Acrescentou que o documento se destinava a incentivar o desenvolvimento e ã implementação de políticas de treinamento e operações de linha que garantam a proficiência em operações de voo manual (FAA, 2017).

Souza (2017) igualmente considera que muitos pilotos possuem excessiva dependência da automação e não treinam o voo manual de forma eficaz. Na visão do autor, isso pode degradar as habilidades dos pilotos ou intensificar tal degradação em situações de emergência.

**2.2 Relação entre o alto grau de automação das aeronaves, a baixa habilidade dos pilotos em voo manual e o índice de acidentes na aviação comercial**

Para Casner et al. (2014), há uma preocupação constante com a potencial deterioração das habilidades de voo manual entre os pilotos que assumem uma função de supervisão, porquanto os sistemas de automação da cabine realizam tarefas antes destinadas àqueles.

Em 2011, os pesquisadores franceses recomendaram que todos os pilotos recebessem treinamento obrigatório em voo manual e manuseio de estol em alta altitude. As recomendações se deram em resposta ao acidente da Air France, Rio de Janeiro – Paris, relatado por este estudo. Recobra-se que, segundo os especialistas, o piloto automático se desligou repentinamente e um aviso de estol foi ativado após o congelamento das sondas pitot. O copiloto, que estava nos controles, pensando estar estabilizando o avião, insistiu em levantar o nariz da aeronave,– o que causou o estol, em vez de evitá-lo (BEA, 2012).

Durante o voo Asiana 214 – São Francisco (EUA), julho de 2013 –, a falta de compreensão quanto à seleção da automação e à transição para o voo manual foram reconhecidas como causa determinante do acidente. Entre as recomendações da NTSBresultantes do evento, estão que a FAA deve exigir que a Boeing desenvolva treinamento "aprimorado" para sistemas automatizados, incluindo a edição do manual de treinamento para descrever adequadamente o programa de aceleração automática. Também consta do relatório a recomendação de que a Asiana deve mudar sua política de voo automatizado para incluir mais voo manual tanto no treinamento quanto nas operações normais (NTSB, 2014).

Já no acidente ocorrido em 2016 com o Boeing 777-300 da Emirates, o relatório final da GCAA (2020) revelou que os pilotos não conseguiram perceber que os motores da aeronave permaneciam em marcha lenta, enquanto tentavam decolar após um pouso fracassado. De acordo com os investigadores, a confiança da tripulação na automação e a falta de treinamento em voo manual próximo da superfície da pista afetaram significativamente o desempenho dos pilotos em uma situação crítica, situação diferente daquela experimentada durante o treinamento simulado (GCAA, 2020).

As companhias aéreas também têm relatado incidentes menores em que os pilotos perdem um tempo precioso repetidamente tentando iniciar o piloto automático ou consertar outros sistemas automatizados, quando o que precisam fazer é agarrar os controles e pilotar o avião, conforme apontado por Coffman, em 2011, membro do comitê de treinamento de pilotos da FAA (THEGAZETTE, 2011).

Para o ex-capitão da US Airways Chesley “Sully” Sullenberger – comandante do lendário voo cujo avião pousou no meio do rio Hudson, salvando 155 pessoas a bordo de um Airbus A320 em 2009 –, pilotos e tecnologia têm falhado juntos (THEGAZETTE, 2011).

Estudo da NASA datado de 2014 revelou que, durante voos com automação observados, os pensamentos dos pilotos não estavam relacionados à tarefa desempenhada durante 20% do tempo. Isso sugere que, para um ser humano, pode ser difícil se envolver com a parte de monitoramento durante todo o tempo. Nesse estado, uma transição para o voo manual devido à falha da automação pode ser um desafio, pois muitas vezes não deixa espaço para a reelaboração do processo cognitivo de navegação, reconhecimento e diagnóstico de falhas, vitais nesta situação. Infere-se, a partir dessas situações, que, além da necessidade de maior treinamento nos sistemas automatizados, é imprescindível que haja práticas mais constantes de voo manual a fim de manter as habilidades motoras e, em especial, as cognitivas associadas (CASNER et al., 2014).

Cabe anotar que o piloto médio de um avião comercial Boeing ou Airbus voa manualmente entre três e seis minutos de todo o voo, principalmente nas fases de decolagem, subida inicial até cerca de 1.500 pés e no pouso (DISCOVER MAGAZINE, 2019).

Manter a proficiência de voo manual como uma boa prática da indústria aeronáutica força as empresas aéreas a inserirem a prática regular (do voo manual) em suas políticas operacionais (FAA, 2016). Em sua justificativa, a FAA menciona que o treinamento contínuo e a manutenção da proficiência em voo manual se tornaram fundamentais para que o uso constante do automatismo não venha criar novas ameaças para a segurança das operações aéreas.

A FAA (2016) também recomenda que diretores de operações, diretores de centros de treinamentos, instrutores e examinadores enfatizem em seus programas de treinamento – tanto iniciais, de reciclagem ou de elevação de nível – a importância da manutenção das habilidades dos pilotos para o voo manual em voos reais (inclusive de cruzeiro) e em simuladores.

**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Essa pesquisa buscou analisar o cenário de automação dos grandes jatos comerciais e suas implicações. Observou-se que os pilotos têm se tornado cada vez mais operadores de sistemas e menos aviadores, com prejuízo de suas habilidades cognitivas, vitais em situações de emergência em que o voo manual é exigido.

Foram observados nos acidentes reportados nessa pesquisa que avanços precisam ser realizados na relação máquina e homem presente nas cabines das aeronaves. Falhas de equipamentos, erros de interpretação de controles automatizados, dependência excessiva desses sistemas, demora na tomada de decisão em momentos preciosos e vitais durante um voo vêm colocando em risco a vida de muitas pessoas.

Cientes dessas necessidades, os órgãos reguladores do setor já têm se pronunciado, emitindo recomendações no sentido de melhorar o desempenho nas operações. Para tanto, enfatizam a necessidade de mais treinamento para pilotos, bem como da prática do voo manual.

De outra parte, observa-se também que a automação possibilita ao piloto voar com precisão, pontualidade, eficiência e segurança em um ambiente de tráfego aéreo congestionado, e ele, o piloto, torna-se o líder de um time. Nessa condição, deve coordenar e organizar todas as tarefas que serão executadas por cada membro da equipe, incluindo os sistemas automatizados.

Por último, recomenda-se para pesquisas futuras a avaliação da necessidade de acompanhamento psicológico de pilotos frente a essas mudanças, para que ele esteja mais bem preparado não apenas tecnicamente, mas também psicologicamente para gerenciar equipes, sistemas e estresse, principalmente em situações de urgência e emergência aéreas.

**REFERÊNCIAS**

AGÊNCIA NACIONAL DA AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). Instrução Suplementar, de 26/05/2017. 2017. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-91-001>. Acesso em: 13 set. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DA AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil RBAC 61, Emenda Nº 13**: licenças, habilitações e certificados para pilotos. 2020. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-61/@@display-file/arquivo_norma/RBAC61EMD13.pdf>. Acesso em: 21 set. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DA AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). Anuário do Transporte Aéreo: gráficos e tabelas – 2020. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo>. Acesso em: 20 ago. 2021.

AZUL LINHAS AÉREAS. **Requisitos para pilotos**. 2021. Disponível em: <https://www.voeazul.com.br/conheca-a-azul/trabalhe-conosco/requisitos-para-pilotos>. Acesso em: 27 set. 2021.

BUREAU D'ENQUÊTES ET D'ANALYSES POUR LA SÉCURITÉ DE L'AVIATION CIVILE (BEA). **Final Report:** On the accident on 1st June 2009 to the Airbus A330-203 registered F-GZCP operated by Air France flight AF 447 Rio de Janeiro – Paris. Paris: BEA, 2012. Disponível em: <https://www.bea.aero/docspa/2009/f-cp090601.en/pdf/f-cp090601.en.pdf>. Acesso em 3 out. 2021.

BOEING. **Perspectivas de mercado. 2019**. Disponível em: <https://www.boeing.com.br/produtos-e-servicos/avioes-comerciais/perspectivas-de-mercado.page>. Acesso em: 1 out. 2021.

BORGES. V. A. **A influência da automação na operação das aeronaves comerciais**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Automação Industrial). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Unidade Araxá. Disponível em: <https://www.eng-automacao.araxa.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/152/2018/01/TCC-VINICIUS-Vers%C3%A3o-Definitiva-EAI-2017.pdf>. Acesso em: 10 out. 2021.

CAMPOS, A. C. V. de. **Conhecimento geral das aeronaves**: asas fixas. Palhoça: Unisul Virtual, p 298, 2011.

CASNER, S. M. et al. The retention of manual ﬂying skills in the automated cockpit. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, v. 56, n. 8, p. 1506-1516, May, 2014.

COLLINSON, R. P. G. **Introduction to Avionics Systems**. 3. ed. London: Springer, 2011.

# DISCOVER MAGAZINE. Despite Passenger Fears, Automation is the Future of Aviation. 2019. Disponível em: https://www.discovermagazine.com/technology/despite-passenger-fears-automation-is-the-future-of-aviation. Acesso em: 30 nov. 2021.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **General Aviation Technically Advanced Aircraft, FAA-Industry, Safety Study**: final report of TAA safety study team. 2003. Disponível em: <http://www.faa.gov/training_testing/training/fits/research/media/TAA%20Final%20Report.pdf>. Acesso em: 9 set. 2021.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Enhanced FAA oversight could reduce hazards associated with increased use of flight deck automation**: Report Number AV-2016-013. 2016. Disponível em: <https://www.oig.dot.gov/sites/default/files/FAA%20Flight%20Decek%20Automation_Final%20Report%5E1-7-16.pdf>. Acesso em: 23 out. 2021.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Safety Alert for Operators 17007**. Washington, DC: FAA. 2017. Disponível em: <https://www.faa.gov/other_visit/aviation_industry/airline_operators/airline_safety/safo/all_safos/media/2017/SAFO17007.pdf>. Acesso em: 12 out. 2021.

FERREIRA. M. M. A. **O Impacto da COVID-19 na carreira dos pilotos de avião no Brasil**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Curso de Ciências Aeronáuticas). Escola das Ciências Exatas da Computação, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia.

FONTES, R. de S.; FAY, C. M. Formação por competência: discutindo a formação de pilotos no Brasil. **Cadernos de Pesquisa**, v. 46, n. 162, p. 1148-1170 out./dez. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cp/a/BXFZ9cyHMFh3jhYdsFT5cbk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 set. 2021.

GENERAL CIVIL AVIATION AUTHORITY (GCAA). **Final Report**:AAIS Case No: AIFN/0008/2016. Abu Dhabi: GCAA, 2020. Disponível em: <https://www.gcaa.gov.ae/en/ePublication/admin/iradmin/Lists/Incidents%20Investigation%20Reports/Attachments/125/2016-Published%20Final%20Report%20AIFN-0008-2016-UAE521%20on%206-Feb-2020.pdf>. Acesso em: 11 out. 2021.

HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. **Joint cognitive systems**: foundation of cognitive systems engineering. Flórida: Boca Raton, 2005

ITAPEMIRIM. **Vagas para pilotos**: 2 coisas que você precisa saber. 2020. Disponível em: <https://liftaviation.com.br/posts/itapemirim-vagas-para-pilotos-2-coisas-que-voce-precisa-saber//>. Acesso em: 27 set. 2021.

LARANJEIRA, F. Conclusões sobre o voo AF 447: as lições do acidente com voo da Air France que caiu no mar em 2009 quando voava do Rio de Janeiro para Paris. **Aero Magazine**, 2012. Disponível em: <https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/conclusoes-sobre-o-voo-af447_659.html>. Acesso em 4 out. 2021.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD (NTSB). **Accident report**: NTSB/AAR-10/01. PB2010-910401*.* Washington, D. C: NTSB, 2010. Disponível em: <https://www.ntsb.gov/investigations/AccidentReports/Reports/AAR1001.pdf>. Acesso em: 28 out. 2021.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD (NTSB). **Accident report**: NTSB/AAR-14/01. PB2014-105984*.* Washington, D. C: NTSB, 2014. Disponível em: <https://www.ntsb.gov/investigations/AccidentReports/Reports/AAR1401.pdf>. Acesso em: 28 out. 2021.

ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (OACI). **El volumen total de pasajeros en 2020 se redujo un 60 % y el asalto de la COVID-19 a la movilidad internacional no se detiene**. 2021. Disponível em: <https://www.icao.int/Newsroom/Pages/ES/2020-passenger-totals-drop-60-percent-as-COVID19-assault-on-international-mobility-continues.aspx>. Acesso em: 29 out. 2021.

PILATI. G. **A influência da automação na consciência situacional dos pilotos**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Ciências Aeronáutica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <https://avioesemusicas.com/wp-content/uploads/2013/06/Monografia-Final.pdf>. Acesso em: 12 set. 2021.

RANK. L. **Análise do acidente com o voo 447 da Air France quanto ao tubo de pitot:** contribuições para melhorias na segurança operacional. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Ciências Aeronáutica, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/8092>. Acesso em: 10 set. 2021.

RIBEIRO E. F. **A formação do piloto de linha aérea**: caso VARIG – o ensino aeronáutico acompanhando a evolução tecnológica. Tese (Doutorado em História) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <http://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/2256>. Acesso em: 12 set. 2021.

RONDON, M. H. D. de F.; CAPANEMA, C. de F.; FONTES, R. de S. A interação homem-máquina nas aeronaves tecnologicamente avançadas**.** Porto Alegre, **Aviation in Focus**, v. 5, n. 2, p. 50-60, jul./dez., 2014.

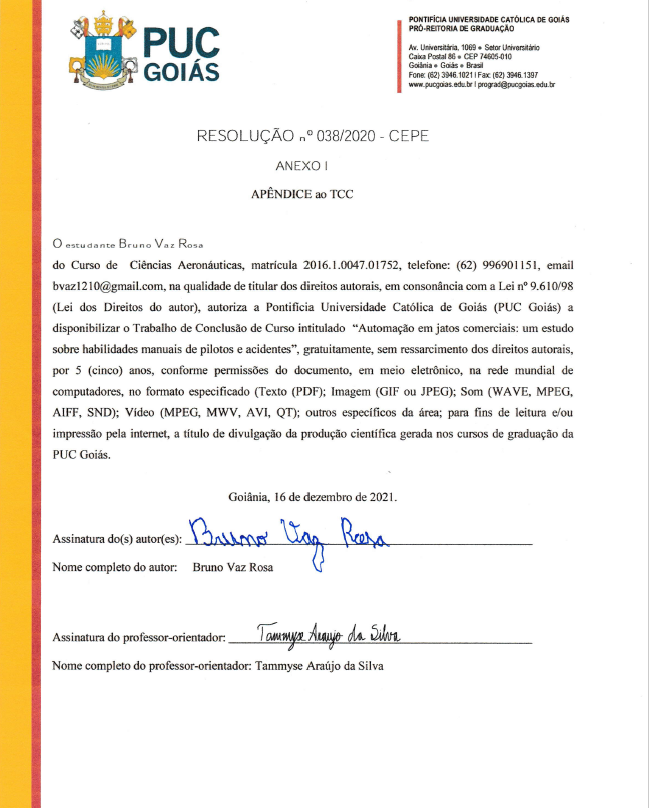
SOUZA, C. E. G. **Aplicabilidade do treinamento baseado em evidências na aviação civil**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/8198>. Acesso em: 19 out. 2021.

THEGAZETTE. **As planes become more reliant on automation, are airline pilots forgetting how to fly?** 2011. Disponível em: <https://www.thegazette.com/news/as-planes-become-more-reliant-on-automation-are-airline-pilots-forgetting-how-to-fly>. Acesso em: 30 out. 2021.

WIENER, E.; CURRY, R. **Flight - Deck Automation**: promisses and problems. Mofett Field: NASA, Coral Glanbes, Florida. EUA. 1980.

E-mail: bvaz1210@gmail.com

Contato: (62) 9 9690.1151



1. Graduando em Ciências Aeronáuticas. Endereço eletrônico: bvaz1210@gmail.com [↑](#footnote-ref-1)
2. Especialista em Docência Universitária pela Universidade Católica de Goiás. Graduanda em Ciências Aeronáuticas pela UnisulVirtual. Professora da Ciências Exatas e da Computação no curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. EC-PREV pelo CENIPA. Credenciada no SGSO pela ANAC. Endereço eletrônico: tammyse@hotmail.com/tammyse@pucgoias.edu.br. [↑](#footnote-ref-2)
3. *International Civil Aviation Orgnaization* (ICAO). [↑](#footnote-ref-3)
4. *Federal Aviation Administration*. [↑](#footnote-ref-4)
5. *Technologically Advanced Aircraft*. [↑](#footnote-ref-5)
6. *Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile.* [↑](#footnote-ref-6)
7. *National Transportation Safety Board*. [↑](#footnote-ref-7)
8. *Instrument Landing System*. [↑](#footnote-ref-8)
9. *General Civil Aviation Authority*. [↑](#footnote-ref-9)