



O EMPREGO DE SIMULADORES DE VOO E SUA RELAÇÃO COM A SEGURANÇA OPERACIONAL NA AVIAÇÃO

William de Carvalho Xavier¹
Gabriel Santana Remigio²

RESUMO

A aviação é um setor que envolve a segurança de milhares de pessoas todos os dias. A pesquisa abordou a temática sobre a utilização de simuladores de voo como ferramenta de treinamento para redução dos erros e prevenção de acidentes. Diante do que foi apresentado, a pesquisa determinou o seguinte problema: Como o uso de simuladores de voo contribui para a melhoria da segurança operacional na aviação civil? O presente trabalho tem como objetivo geral: Analisar a relação entre o emprego de simuladores de voo e a redução de riscos operacionais. Este estudo é uma revisão bibliográfica e documental de natureza qualitativo-quantitativa, que se apoiou em fontes científicas, relatórios de segurança do CENIPA e dados de órgãos reguladores. Os resultados da pesquisa evidenciaram que o uso de simuladores de voo são ferramentas imprescindíveis na formação e aperfeiçoamento de competências dos pilotos, pois o treinamento em simuladores permite a prática de situações em um ambiente controlado, para desenvolver as habilidades de tomada de decisão, aprimorar a capacidade de trabalhar em situações estressantes e tensas, melhorar a resposta em emergências, reduzir erros humanos e fortalecer a cultura de segurança. Conclui-se que o treinamento em simuladores é um elemento-chave para a mitigação de riscos e para a conformidade com padrões internacionais de segurança. O trabalho sugere a ampliação do uso de simuladores em programas de treinamento inicial e recorrente, integrando-os as políticas de segurança operacional.

Palavras-chave: Simuladores de voo; Segurança operacional; Treinamento aeronáutico; Fatores humanos.

¹ Especialista em Docência Universitária pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Graduado em Internet e Redes de Computadores pela Universo. Professor da Escola Politécnica e de Arte no curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Treinamento em CRM e Alta Performance pela FCT. Piloto de Linha Aérea - Avião. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. E-mail: william.xavier1@gmail.com

² Graduando em Ciências Aeronáuticas pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Treinamento em CRM e alta performance pela FCT. Instrutor de Voo Avião. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. E-mail: gabrielremigio2004@hotmail.com

THE USE OF FLIGHT SIMULATORS AND THEIR RELATIONSHIP WITH OPERATIONAL SAFETY IN AVIATION

ABSTRACT

Aviation is a sector that involves the safety of thousands of people every day. This research addressed the use of flight simulators as a training tool to reduce errors and prevent accidents. Based on the findings, the research identified the following problem: How does the use of flight simulators contribute to improving operational safety in civil aviation? The general objective of this study is to analyze the relationship between the use of flight simulators and the reduction of operational risks. This study is a qualitative and quantitative bibliographic and documentary review, supported by scientific sources, CENIPA safety reports, and data from regulatory agencies. The research results showed that the use of flight simulators is an essential tool in training and improving pilot skills. Simulator training allows pilots to practice situations in a controlled environment, developing decision-making skills, enhancing their ability to work in stressful and tense situations, improving emergency response, reducing human error, and strengthening a safety culture. The study concludes that simulator training is a key element in mitigating risks and complying with international safety standards. The study suggests expanding the use of simulators in initial and recurrent training programs, integrating them with operational safety policies.

Keywords: Flight simulators; Operational safety; Aeronautical training; Human factors.

1 INTRODUÇÃO

A crescente sofisticação dos sistemas embarcados nas aeronaves modernas exige que os pilotos estejam continuamente atualizados quanto ao uso dos novos recursos de navegação e aviônicos. O treinamento por simuladores é importante nesse processo, oferecendo uma plataforma segura e eficiente para familiarização com funcionalidades avançadas. Sistemas como o FMS¹, EFIS², TCAS³ e HUD⁴ são

¹ Sistema de Gerenciamento de Voo

² Sistema Eletrônico de Instrumentos de Voo

³ Sistema de Anticolisão de Tráfego

⁴ Sistema de Exibição Frontal de Instrumentos, projetado em tela transparente na altura dos olhos do piloto.

reproduzidos nos simuladores com alto grau de fidelidade, permitindo que o piloto compreenda seu funcionamento, lógica operacional e limitações.

Com o crescimento das tecnologias, acontece um aumento da exigência da formação dos pilotos de avião, tanto a nível técnico quanto a nível psicológico. Daí surgem os simuladores de voo em todos os seus níveis de realismo. Estes equipamentos são necessários para o treinamento de toda a tripulação de pilotos, uma vez que simulam com grande fidelidade as aeronaves, tanto em situações normais do dia a dia, quanto em situações anormais, incluindo procedimentos de emergência, condições meteorológicas adversas e fatores humanos.

A segurança operacional é um tema fundamental na aviação e o emprego de simuladores de voo é uma ferramenta importante para garantir que os pilotos pratiquem e aprimorem suas habilidades, reduzindo o risco de erros e acidentes. Diante do que foi apresentado, a pesquisa determinou o seguinte problema: Como o uso de simuladores de voo contribuem para a melhoria da segurança operacional na aviação civil? O presente trabalho tem como objetivo geral: Analisar a relação entre o emprego de simuladores de voo e a redução de riscos operacionais.

Os objetivos específicos consistem em: descrever a evolução dos simuladores de voo; verificar a segurança operacional na aviação civil por meio de normas e regulamentos; avaliar os impactos dos treinamentos em simuladores na redução de incidentes; compreender a importância dos fatores humanos em treinamento com simuladores de voo; apresentar dados de estudos de caso e evidências empíricas.

Os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa consistem na revisão bibliográfica de natureza qualitativo-quantitativa com uma abordagem teórica pertinente ao tema. A revisão bibliográfica se apoiou em fontes sobre a temática presentes no Google Acadêmico e em revistas acadêmicas, relatórios de segurança do CENIPA e dados de órgãos reguladores.

O Trabalho de Conclusão de Curso encontra-se estruturado com a introdução que contextualiza a pesquisa, seguida da revisão teórica que apresenta o histórico e a evolução dos simuladores de voo, a segurança operacional na aviação civil, os fatores humanos e treinamento em simuladores, e os estudos de caso e evidências empíricas sobre a temática. Posteriormente são apresentadas: a metodologia, resultados, discussões, considerações finais e referências usadas na pesquisa.

Com base nos resultados do estudo, podemos concluir que a hipótese de que o treinamento em simuladores de voo melhora a segurança operacional é coerente. Os resultados mostraram uma redução significativa nos erros de pilotagem e uma melhoria na tomada de decisão em situações de emergências (Bruckhart, 1992).

2 REVISÃO TEÓRICA

A aviação civil é um setor complexo que demanda altos padrões de segurança e eficiência. Nesse contexto, os simuladores de voo surgem como ferramentas cruciais para o treinamento e desenvolvimento de pilotos. Esta revisão teórica busca compreender a evolução dos simuladores de voo e sua contribuição para a formação de profissionais mais capacitados e para a redução de riscos operacionais.

2.1 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DOS SIMULADORES DE VOO

O advento dos simuladores de voo vem com o propósito de desenvolver as técnicas de pilotagem do aeronauta, afinal, no início da aviação houve muitos prejuízos devido a quantidade de acidentes que ocorriam. Daí surge a necessidade da criação de aparelhos que sejam capazes de oferecer uma preparação inicial, como por exemplo, apresentação dos comandos de voo e das condições que poderiam existir durante o voo propriamente dito (Machado, 2020). Prado (2022) enfatiza que os primeiros simuladores de voo surgiram devido a necessidade de novos métodos que pudessem permitir uma interação do homem com a máquina ainda em solo, considerando os diversos acidentes que estavam acontecendo pelas habilidades insuficientes dos pilotos, tanto para navegar quanto para manter as aeronaves controladas.

À medida que o tempo passou, muitos simuladores foram desenvolvidos, porém o que teve maior destaque foi o de Edwin Link, em Nova Iorque, entre 1927 e 1929, chamado de "*Link Trainer*". Sua montagem foi baseada em sistemas pneumáticos de órgão e pianos. Sua diferenciação aos demais era uma bomba de sucção acionada de modo elétrico que alimentava válvulas conectadas ao leme e outro dispositivo movido a motor que era responsável pela mudança de atitude de voo (Machado, 2020).

No começo dos anos 50, a situação melhorou com o aumento dos dados oriundos dos programas de testes de voo. Por meio de todo o desenvolvimento vindo desde o *Link Trainer* na década de 30, esses dados eram integrados aos *hardwares*⁵, melhorando a exatidão do treinamento mesmo ainda sendo computadores analógicos (Matsuura, 1995).

Ainda segundo Matsuura, o simulador de voo atingiu sua forma mais moderna no final dos anos 60. Estes, portanto, passaram a utilizar módulos de *softwares*⁶ garantindo um realismo nas reações das aeronaves, a situação pretendida para o treinamento. Hoje são utilizados abundantemente pelas escolas de voo, universidades, aviação executiva e companhias aéreas (Sobrinho, 2020). Há 3 classificações de dispositivos de simulação (*Flight Simulation Training Device*⁷ – FSTD). Estes são: *Full Flight Simulator* (FFS), *Flight Training Devices* (FTD), e *Aviation Training Device* (ATD). Os ATDs são divididos entre *Basic Aviation Training Device* (BATD) e *Advanced Aviation Training Device* (AATD) (ANAC, 2020).

O BATD é um dispositivo onde se representa genericamente os instrumentos e equipamentos de voo. Não sendo necessário replicar de forma fidedigna uma cabine real. Este, portanto, possui um crédito de 50% das horas previstas em FSTD no curso de IFR (Voo sob Regras de Instrumento). O AATD, por sua vez possui instrumentos instalados onde tipicamente estariam dentro de uma aeronave real, ou seja, o leiaute da cabine precisa ser semelhante ao *cockpit*⁸. Este equipamento, juntamente ao FTD, tem como crédito a quantidade máxima de horas previstas em treinamento. Contudo, para ser contabilizada 1 hora em voo real, no AATD é preciso voar por 1,5 hora e no FTD voa-se 1 hora para contabilizar 1 hora (ANAC, 2024).

Dessa forma, compreende-se que os simuladores têm suas próprias características e são dispositivos com alta tecnologia, e que podem simular voos com as propriedades mais variadas, capazes de simular qualquer emergência ou circunstância de acordo com a vontade do instrutor ou do aluno. Suas características são tratadas na tabela da Figura 1 (Prado, 2022).

⁵ Todas as partes físicas de um computador ou equipamento eletrônico.

⁶ Programas que orientam o funcionamento de dispositivos eletrônicos.

⁷ Dispositivo de Treinamento para Simulação de Voo.

⁸ Cabine de pilotagem, onde se encontram os pilotos que controlam o voo.

Figura 1 – Classificação dos simuladores de voo

Característica	ATD (Aviation Training Device)	FTD (Flight Training Device)	FFS (Full Flight Simulator)
Definição RBAC	Dispositivo para simular a operação em voo por instrumentos (Treinador de Voo por Instrumentos).	Réplica dos instrumentos, painéis e controles de uma aeronave.	Réplica completa e fiel da cabine de um tipo específico de aeronave.
Fidelidade da Cabine	Representação funcional dos instrumentos de voo, não necessariamente uma réplica física.	Cabine aberta ou fechada com representação física dos sistemas da aeronave.	Réplica exata em escala 1:1 da cabine de pilotagem, com todos os sistemas funcionais.
Sistema Visual Externo	Podem ter, mas com requisitos básicos.	Não é obrigatório em todos os níveis; quando presente, possui requisitos intermediários.	Obrigatório, de alta fidelidade, amplo campo de visão e colimado (foco no infinito).
Níveis (Exemplos)	Básico (BATD) e Avançado (AATD).	Níveis 4 a 7 (avião e helicóptero).	Níveis A a D (avião e helicóptero).
Uso Principal	Treinamento inicial para piloto em formação, com o objetivo de adquirir conhecimento e experiência em voos sob regras de instrumento. No BATD, não é exigido representação fiel com a cabine real, ao contrário do AATD, que exige fidelidade na disposição dos instrumentos. Nenhum desses dois simuladores exigem sistema de movimentação.	Treinamento de procedimentos normais, anormais e de sistemas. Este já utiliza características de uma aeronave específica para o piloto se adaptar à aeronave, com requisitos de campo de visão de 180° de campo horizontal e 40° de campo vertical, no entanto ainda sem movimentação.	Treinamento de qualificação de tipo (Type Rating) e periódico completo. Este equipamento tem como requisitos principais um sistema de movimentação simulando a condição real de voo, campo de visão de 176° de campo horizontal e 36° de campo vertical, além dos sons que o piloto deve ouvir num voo real, além dos ruídos do ambiente.

Fonte: ANAC, 2020.

Vale destacar, também, outro tipo de aplicação para pilotos de Fórmula 1, onde são utilizados simuladores que oferecem plataformas dinâmicas e complexas, nas quais embarca-se uma alta tecnologia, que possibilita o desenvolvimento da performance do piloto replicando o mais fielmente possível as condições de pista e o comportamento dos carros. Um exemplo a ser destacado é o simulador da equipe Scuderia Ferrari, que teve seus simuladores completamente renovados, e atualmente, sendo considerado um dos mais avançados tecnologicamente (UOL, 2021). Uma outra aplicação dos simuladores de voo, seria o emprego de realidade virtual (RV) na Universidade Embry-Riddle, onde concluiu-se que o emprego dessa tecnologia reduziu o tempo necessário em horas de voo para o primeiro voo solo em 30% (Embry-Riddle Aeronautical University, 2022).

2.2 SEGURANÇA OPERACIONAL NA AVIAÇÃO CIVIL

No Brasil, a segurança operacional na aviação civil é regulamentada por meio de normas e regulamentos específicos, como o Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação civil (PSO-BR), o Plano Nacional de Segurança Operacional para a aviação civil (PNSO) e o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC). O plano estabelece o comprometimento do Estado brasileiro com a melhora

na segurança operacional da aviação, por isso é necessário manter um monitoramento contínuo dos riscos e das ameaças presentes para que as ações preventivas possam ser adotadas de maneira eficiente (PNSO, 2025).

A segurança nacional de aviação civil envolve diversas organizações internacionais e nacionais, algumas das principais organizações envolvidas são a: Organização Internacional da Aviação Civil (ICAO), Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), Administração Federal de Aviação dos EUA (FAA) e a Agência Europeia de Segurança Aérea (EASA).

De acordo com Santi (2009), a ICAO é uma agência especializada das Nações Unidas, que foi criada com as funções de coordenar e regular o transporte aéreo internacional, determinando regras sobre o espaço aéreo internacional, registro de aeronaves e segurança de voo. A ICAO aprova normas e práticas recomendadas na aviação civil internacional que limitam o marco regulatório setorial dos Estados-membros e a atuação de suas respectivas autoridades de aviação civil (ANAC, 2016).

Bertulucci (2023) afirma que no Brasil a ANAC é umas das agências mais importantes do país. Foi criada em 27 de dezembro de 2005 pela Lei nº 11.182/05 e é a principal autoridade reguladora, sendo responsável por garantir a segurança, eficiência e ordem pública no transporte e serviços públicos relacionados à aviação civil no país. A FAA foi criada em 1958, é uma agência governamental ligada ao Departamento de Transporte dos Estados Unidos, responsável pelos regulamentos e por todos os aspectos relacionados à aviação civil daquele país (Ramos *et al*, 2017).

Ranieri, Esmanhoto e Almeida (2018) explicam que a EASA tem como funções as tarefas regulatórias e executivas no campo da segurança da aviação civil. A EASA e as Autoridades de Aviação Nacionais dos países da União Europeia trabalham juntas, harmonizando e padronizando todas as medidas de segurança aeronáutica. Os órgãos responsáveis, no Brasil, pelos indicadores da aviação civil que determinam as taxas de acidente e incidente são o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) e a ANAC.

Santi (2009) explica que existem fatores que contribuem para as taxas de acidente e incidente aeronáutico e classificam-se de acordo com a área de abordagem da segurança do voo, como a área de Fator Humano (FH) que engloba o

aspecto médico e psicológico, a área de Fator Material (FM) que engloba deficiências no projeto e a fabricação e manuseio de materiais.

A área de Fator Operacional (FO) engloba várias situações como condições meteorológicas desfavoráveis e adversas, deficiência na infraestrutura, na instrução, na manutenção, aplicação de comandos, de coordenação de cabine, de julgamento, de planejamento, imprudência, esquecimento, negligência do tripulante, indisciplina no voo, influência no meio ambiente, omissão, pouca experiência de voo na aeronave, deficiência pessoal de apoio e supervisão (Santi, 2009).

2.3 FATORES HUMANOS E TREINAMENTO EM SIMULADORES

Segundo Silva, (2019), a utilização de simuladores de voo tem se mostrado importante na formação de pilotos, especialmente na preparação para situações anormais e de emergência que demandam respostas rápidas e eficazes. O ambiente virtual permite a recriação segura de falhas como perda de motor, pane elétrica ou depressurização em altitude de cruzeiro, expondo o piloto a um espectro de cenários operacionais difíceis de replicar em aeronaves reais.

Com isso, proporciona-se uma experiência controlada, livre dos riscos que um evento real implicaria, possibilitando uma aprendizagem robusta. A exposição repetitiva a tais eventos condiciona o profissional a reagir de forma padronizada e eficiente, o que favorece o gerenciamento do estresse e a tomada de decisões assertivas. A prática de emergências em ambiente simulado amplia o repertório de soluções dos tripulantes, reduzindo a variabilidade de respostas diante de eventos críticos. O treino em simulador fortalece não apenas a técnica, mas também aspectos cognitivos e comportamentais à segurança de vôo (Silva, 2019).

Outro fator humano que precisa ser destacado é a atenção. A qualidade da atenção é fundamental no treinamento de simulador de voo, pois afeta diretamente a eficácia do aprendizado e a segurança do voo. De acordo com Cuvillier (1937) a atenção pode ser definida como a direção da consciência, o estado de concentração da atividade mental sobre determinado objeto.

Dessa forma, a atenção é um conceito medido e observado na prática e que se refere a uma variedade de componentes. Os principais são: 1) início da atividade consciente e focalização; 2) atenção sustentada e nível de alerta; 3) atenção seletiva

ou inibição de resposta a estímulos irrelevantes; e 4) capacidade de mudar o foco de atenção, ou atenção alternada (Dalgarrondo, 2019).

A atenção é uma função cognitiva que permite que o homem receba inúmeros estímulos sensoriais, para que selecione os importantes e ignore os demais. É necessária a seleção de estímulos perceptivos, tendo em vista que a quantidade de informações recebida seria tão grande e desorganizada que impossibilitaria a realização de qualquer atividade (Luria, 1991).

Devido a isso, o homem pode executar movimentos infinitos, mas escolhe somente aqueles que se mostram adequados em cada situação particular. Além disso, o ser humano tem na memória uma série de associações mentais, mas guarda uma parte delas, e acaba excluindo aquelas que dificultam o processo de pensamento lógico. Se a seleção dessas associações não acontecesse, seria difícil organizar o pensamento e direcioná-lo para a resolução de problemas que precisem de solução imediata (Luria, 1991).

Nunes (2010) explica que dia a dia a alteração das funções de alerta das pessoas acontece de maneira normal, mas quando as funções são comprometidas por perturbações como fadiga, estados psicopatológicos e uso de tóxicos, a atenção do sujeito fica abalada e, logo, sua concentração é afetada, o que prejudica diretamente a memória, a qual é considerada um dos aspectos mais importante no processo de conhecimento.

Segundo Ribeiro (2022) a prevenção de acidentes aeronáuticos coloca como prioridade aspectos como motivação, atenção, supervisão e treinamento, associadas a outras habilidades técnicas e não técnicas. O autor enfatiza que o conhecimento e treinamento pode ser prejudicado pelo baixo nível de atenção, que pode induzir o piloto a confundir comandos de funções diferentes e realizar manobras impróprias.

O uso de simulação permite experimentar, errar e aprender com os erros, sem que isso implique em prejuízo material ou ameaça à vida. Com isso, a compreensão profunda dos protocolos de segurança e das limitações humanas é potencializada, a abordagem promove a maturidade operacional dos pilotos e fortalece a cultura de segurança na organização (Frazão, 2023).

Quando se fala em simuladores, o CRM, muitas vezes é citado, uma vez que é um dos principais temas relacionados à coordenação de cabine. Este conceito foi desenvolvido em resposta aos novos entendimentos das causas dos acidentes,

sugerindo que muitos desses acontecimentos tinham como causa principal, a inaptidão da tripulação para realizar as ações apropriadas para aquela situação indesejada, na qual eles mesmos se colocaram. Como por exemplo, comunicação inadequada (ANAC, 2020).

Para Silva (2023) o CRM foca nos recursos eficientes da tripulação, incluindo habilidades como comunicação, trabalho em equipe e relações interpessoais, gerenciando o trabalho visando a segurança aeronáutica. O CRM foi criado em 1979 para reduzir erros dos pilotos e atualizá-lo conforme as demandas de segurança se modificavam com o passar dos anos, pois o CRM passou por diversas gerações até se estabelecer com a sexta geração que está em vigor atualmente, devido a necessidade de mitigar erros e ameaças por meio de gerenciamento.

Mentges (2020) enfatiza que foi desenvolvida uma versão mais atualizada do CRM com foco no gerenciamento do erro humano, chamada de sexta geração, que está focada no Gerenciamento dos Erros e das Ameaças (TEM) (Gestão de Ameaças e Erros) e tem sido usada no Gerenciamento de Risco da Segurança Operacional (GRSO).

O TEM incentiva a antecipação da ameaça mediante relato feito por um observador de uma situação ou de uma condição, baseado no seu ponto de vista, que possa ocasionar algum risco à operação. A situação ou condição passa por uma análise criteriosa de riscos potenciais, com a intenção de mitigar ameaças e erros iminentes, os quais coloquem a aeronave e seus ocupantes em risco (Mentges, 2020).

2.4 ESTUDOS DE CASO E EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS

As aeronaves comerciais atuais têm uma estrutura completa e moderna, mas é necessário frisar que ao longo das últimas décadas houve a diminuição no número de acidentes, mas, apesar da redução dos índices, ainda acontecem (Fonseca, 2022). A maioria dos acidentes são causados por fatores humanos, de acordo com um estudo feito por Rankin (2007), que associou as causas dos acidentes aéreos do século XXI aos fatores humanos e mecânicos. Nos primeiros voos, aproximadamente 80% dos acidentes eram causados pela máquina e 20% pelo erro

humano. Hoje a estatística é inversa. Aproximadamente 80% dos acidentes são causados pelo erro humano e 20% por falhas mecânicas.

Silva (2023), a partir de dados extraídos do Painel SIPAER, constatou que, entre junho de 2012 e março de 2023, as ocorrências aeronáuticas, no segmento particular, associadas ao fator contribuinte “Coordenação de Cabine” totalizaram 14, nas quais, 10 foram acidentes⁹ e quatro incidentes¹⁰ graves. Os resultados evidenciaram que sete ocorrências tiveram contribuição direta ou indireta do trabalho em equipe deficiente, cinco mostraram problemas no processo decisório, três, apresentaram falha na comunicação entre a tripulação e dois, perderam a consciência situacional.

Após a investigação dessas ocorrências e de seus respectivos relatórios, o CENIPA (2013) divulgou as recomendações de segurança. A partir dessas recomendações, o estudo selecionou dois acidentes os quais indicaram deficiências quanto à comunicação, trabalho em equipe, consciência situacional e processo decisório, descritos como estudo de caso A e estudo de caso B.

No estudo de caso A, entre os aspectos apurados pelas investigações, alguns se destacaram como relacionados à tripulação: não aplicava corretamente o *checklist*, *briefings* e *callouts* previstos pelo fabricante; não consultava gráficos ou tabelas de performance; não possuía um treinamento adequado de CRM e não costumava utilizar os manuais da aeronave com frequência (CENIPA, 2013).

O CENIPA (2013) chegou às seguintes conclusões: não ocorreu uma coordenação apropriada de cabine entre o comandante e o copiloto; que a distribuição de tarefas, a comunicação precisa, o julgamento correto da tripulação e a consulta aos manuais do fabricante poderiam ter evitado o acidente.

No estudo de caso B, verificou-se que alguns aspectos se destacaram como: a tripulação não aplicava corretamente o *checklist* e *callouts* previstos pelo fabricante; possibilidade de rebaixamento no nível de consciência situacional da tripulação, favorecendo uma percepção tardia em relação à rampa de aproximação

⁹Segundo o relatório descritivo do cenário brasileiro (2020) acidente aeronáutico refere-se a toda ocorrência relacionada com a operação de uma aeronave, desde o momento em que uma pessoa embarca com a intenção de realizar um voo, até o momento em que todas as pessoas tenham desembarcado, podendo ocorrer em situações na qual a pessoa sofra lesão grave ou morra; aeronave sofra dano ou falha estrutural, aeronave seja considerada desaparecida ou o local onde se encontre seja absolutamente inacessível.

¹⁰Já o incidente aeronáutico refere-se a alguma ocorrência anormal, associada à operação de uma aeronave, havendo intenção de voo, e que afete ou possa afetar a segurança.

final; e falta de emprego adequado das técnicas do CRM por meio do gerenciamento das tarefas, esses procedimentos evitariam o acidente (CENIPA, 2019).

Segundo o Relatório Anual de Segurança Operacional (RASO, 2024) o acompanhamento histórico do número total de acidentes é essencial para identificar padrões e comportamentos no sistema de aviação civil brasileira. Nos últimos 40 anos, observa-se uma tendência geral de redução no número de acidentes, com um pico inicial em 1985, quando foram registrados 291 acidentes.

A partir desse ponto, houve uma diminuição gradual até 2005, ano que registrou o menor número de acidentes no período analisado (59 acidentes). Em 2006, iniciou-se um novo aumento, atingindo um pico de 205 acidentes em 2012, seguido por uma tendência de redução nos anos subsequentes. Em 2024, o número de acidentes foi de 175, sinalizando uma alteração na tendência da média móvel da quantidade de acidentes.

Em relação aos últimos 10 anos da aviação civil brasileira, aconteceu uma inversão da tendência de queda do número absoluto de acidentes desde 2023. Em relação ao ano de 2024, foram registrados 175 acidentes, um aumento em relação aos 155 do ano anterior. Esse número representa o maior valor da série histórica analisada. Tanto a quantidade de acidentes fatais quanto o total de fatalidades do ano de 2024 superaram os valores do ano anterior. No caso dos incidentes graves, a tendência foi de alta até 2022, seguida por uma redução a partir desse período (RASO, 2024).

ISSN 2763-7697

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo é uma revisão bibliográfica de natureza qualitativo-quantitativa e buscou compreender a evolução histórica dos simuladores de voo e o seu impacto na aviação, com ênfase na segurança operacional através de seus significativos avanços tecnológicos. Após, procurou-se entender os fatores humanos e seu treinamento nestes simuladores a fim de mitigar erros. Foram utilizadas técnicas de: análise documental, estatístico-descritiva e análise de conteúdo.

Para diferenciar os tipos de simuladores, este trabalho apresentou os conceitos e funções de cada equipamento, dentre eles, ATD, FTD e FFS. Além disso, pesquisou-se através de evidências empíricas, estatísticas que correlacionam

treinamento em simuladores e a redução de incidentes por meio do Painel SIPAER. A revisão bibliográfica se apoiou em fontes sobre a temática, presentes no *Google Acadêmico* e em revistas acadêmicas, relatórios de segurança do CENIPA e dados de órgãos reguladores.

4 RESULTADOS

Allerton e Lammertse (2023) expõe que os simuladores de voo estão sendo utilizados no treinamento de pilotos de companhias aéreas desde a década de 1960. Esse progresso aconteceu devido às melhorias no desempenho dos computadores para atender aos rigorosos requisitos de simulação dinâmica em aeronaves e assim reproduzir uma visão realista da cabine de comando do simulador.

4.1 IMPACTO DO TREINAMENTO EM SIMULADORES NA REDUÇÃO DE INCIDENTES

O treinamento antes de 1970 era realizado em exercícios aéreos com acidentes fatais e o custo do treinamento era 10 vezes maior que o custo do treinamento em um simulador de voo. Desde a ampla adoção da simulação de voo na década de 1970, o número de voos aumentou quatro vezes, enquanto o número de acidentes anuais foi reduzido em aproximadamente dois. É evidente que melhorar a qualidade do treinamento proporcionado pela simulação reduz a taxa de acidentes (Allerton; Lammertse, 2023).

O site *Pureflight Aviation Training* (2024) apresentou as estatísticas da utilização de simuladores de voo no treinamento de pilotos e constatou que reduziu os acidentes pela metade, e identificou que cerca de 75% a 80% dos acidentes são causados por erro humano, principalmente relacionado ao nível de habilidade do piloto, além disso enfatizou que o uso estratégico de simuladores diminuiu de forma significativa as taxas de erro do piloto. Segundo o site Loft (2020) os acidentes aéreos que tiveram os pilotos como culpados permaneceu estável por cerca de 50 anos. Entre os anos de 1940 e 1990, 60% dos acidentes foram causados por erro do piloto, independentemente do tipo de avião que estava sendo pilotado na época, apresentando uma taxa muito grande de acidentes aéreos causados por decisões erradas dos pilotos.

Dambier e Hinkelbein (2006) explicam que em 2004 foram registrados 201 casos de acidentes de aviação no geral e os erros do piloto foram relatados em 84% dos acidentes. Esses erros foram notados principalmente durante a preparação para as fases de aproximação e pouso, onde erros baseados em falta de habilidade foram responsáveis por 75%, erros de percepção por 34%, erros de decisão por 21% e violações por 8%.

Com os avanços na aviação, as estatísticas se tornaram bastante positivas, pois com a inserção de simuladores de voo altamente realistas na década de 1980, houve uma redução de 70% no número de acidentes causados por erro do piloto. Dessa forma, atualmente, menos de 30% dos acidentes aéreos são causados por decisões erradas do piloto (LOFT, 2020).

O treinamento de pilotos em simuladores de voo é importante para amenizar as deficiências das habilidades a fim de garantir a proficiência de voo. O treinamento recorrente também é fundamental para habilidades praticadas com menos frequência, como procedimentos de emergência, pois garante a prontidão para lidar com situações inesperadas com confiança e eficiência. Em uma emergência como uma falha de motor, a capacidade de executar *memory items*¹¹ de forma rápida e correta pode ser a diferença entre um resultado seguro e um acidente (Olaganathan; Amihan, 2021).

Para Costa (2008), os simuladores de voo surgem devido à necessidade de compreender e assimilar procedimentos e manobras sem colocar em risco à vida de pessoas e do próprio equipamento de voo e, assim, manter o sistema disponível para a continuidade de treinamentos; mais ainda, com a possibilidade de poder simular cenários específicos previstos no treinamento. Em um estudo realizado na companhia aérea Garuda Indonesia por Rahmawati *et al.*, (2019) utilizou vários métodos para determinar se o sistema de manutenção e os simuladores de voo tinham algum impacto na segurança da aviação. Com base na análise de dados da pesquisa constatou-se que a manutenção e os simuladores têm uma influência média na segurança operacional, com o coeficiente de 26,8%, enquanto os 73,2%

¹¹ Segundo a EASA (2013), *memory items* são ações que devem ser tomadas rapidamente para um evento anormal quando não há tempo suficiente para ler o *checklist* pois pode causar perda de controle da aeronave, incapacitação da tripulação, perda de algum componente ou sistema, o que tornaria improvável um voo seguro.

restantes são influenciados por outras variáveis que não fazem parte desses dois itens.

Vários estudos de segurança são baseados nos problemas de operações de pilotos, com comportamento que ocasionavam vários acidentes aéreos reforçando a necessidade de segurança e treinamento. Em um estudo realizado por Bruckhart (1992) foi selecionado um grupo de pilotos que mostrou que o aumento da experiência em simuladores pode reduzir a taxa de acidentes em 40%, reforçando a importância em aumentar a experiência através de programas de treinamento.

Bazargan e Guzhva (2007) identificaram alguns fatores que causam e contribuem para acidentes de aviação em geral como deficiências de treinamento devido à falta de prática de habilidades, principalmente procedimentos de emergência, como falhas de motor, as fases de decolagem e pouso, os estágios de manobra do voo. Simuladores de voo aprovados podem ser usados para fornecer treinamento recorrente a um custo reduzido em comparação ao voo tradicional (Olaganathan; Amihan, 2021).

De acordo com Allerton (2001) a taxa de acidentes na aviação geral é algo que deve ser questionado e inaceitável, e que por meio do uso de simulação poderia ser reduzido. Os avanços na tecnologia de simuladores oferecem melhor qualidade no treinamento de voo para a aviação, ficando assim claro que o investimento em tecnologia de simulação tem um custo elevado e por esse motivo dificulta o uso dessa ferramenta no treinamento.

A taxa de acidentes na aviação geral é inaceitável e poderia ser reduzida pelo uso de simulação. Além disso, os avanços nas tecnologias de simuladores oferecem melhorias na qualidade do treinamento de voo para a aviação geral. É claramente o custo do investimento em tecnologia que inibe o uso de simulação de voo na aviação.

4.2 ÁREAS DE MELHORIA IDENTIFICADAS

Para Allerton e Lammertse (2023) é evidente o progresso no desenvolvimento de tecnologias utilizadas em simulação de voo com avanços nos dispositivos de treinamento. A simulação de voo tem sido utilizada no treinamento e na verificação de pilotos de companhias aéreas há mais de 30 anos e, sem dúvida, representou um

progresso importante na segurança das operações aéreas. Esses dispositivos de treinamento são aceitos por fabricantes, operadores, reguladores, tripulações de voo e sindicatos de pilotos.

O site *Pureflight Aviation Training*(2024) apresenta que os simuladores de voo são benéficos para a segurança, pois a prática em simulador de voo é mais econômica do que em aeronave. Por isso o treinamento em simulador para os pilotos reduz tempo e dinheiro tornando-o mais acessível e sustentável.

Os simuladores têm a capacidade reproduzir situações emergenciais em diversos tipos de aeronaves. Portanto, o treinamento é baseado em vários cenários que podem gerar voos de rotina ou o oposto, aprimorando a tomada de decisão, a adaptabilidade e a capacidade dos pilotos de aplicar conhecimentos práticos durante o voo (Pureflight Aviation Training, 2024).

Fonseca (2021) afirma que o treinamento em simuladores é bastante importante no gerenciamento de emergências na aviação, tendo em vista que oferecem aos pilotos a oportunidade de vivenciar emergências em um ambiente seguro e controlado, através de repetições. Portanto, realizar investimentos em treinamentos com simuladores de voo é importante para garantir a segurança operacional. O simulador permite uma interação com o piloto, enfrentando turbulências, condições climáticas desfavoráveis, falha de componentes de voo, emergências, treinamento de voo por instrumentos, treinamento de gerenciamento de cabine entre pilotos e adaptação em aeronaves de grande porte (Matsuura, 1995).

Nas operações de treinamento podem ocorrer situações inesperadas ou as chamadas falhas técnicas, tais como: a perda de potência, falhas de sistemas, falhas durante extensão/recolhimento do trem de pouso, colisão com fauna, meteorologia adversa. Para que o piloto possa responder de forma correta a situações adversas, há diversas estratégias de treinamento que podem ser utilizadas para mitigar os erros (BGAST, 2020).

Os simuladores de voo são ferramentas fundamentais no treinamento dos pilotos para a prática de reações a situações inesperadas. O simulador é capaz de dar mais realismo aos procedimentos revisados nas etapas anteriores, pois situações adversas que ocorrem nas fases críticas do voo precisam de resposta assertiva e imediata (BGAST, 2020).

Socha *et al.*, (2016) explica que é recomendado o uso do simulador como ferramenta da prática das habilidades de voo e para o monitoramento do desempenho do usuário com precisão, com a realização de ajustes no processo de treinamento para observar o registro de desvios dos parâmetros solicitados. O simulador permite identificar a diminuição gradativa da taxa de erro de desempenho de manobra e o aumento significativo da taxa quando se pilota uma aeronave real.

A adoção de simuladores nas empresas aéreas visa buscar orçamentos mais econômicos, mas sempre considerando as atividades de risco, que precisam ser levadas em conta. Várias práticas de treinamento podem ser aprimoradas para amenizar a frequência de erros de pilotos, o foco deve ser direcionado para o reconhecimento e o gerenciamento, em vez da prevenção de erros (Baladez, 2009).

5 DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa foram extraídos de diversos trabalhos relacionados ao tema em questão, os quais explicam como o treinamento de simuladores de voo tem importante influência na segurança operacional. Além disso, a literatura revisada explica com clareza e objetividade a importância dos simuladores de voo para a formação do piloto permitindo o aprimoramento de suas habilidades em um ambiente seguro.

Ademais, o treinamento em simuladores possibilita que os pilotos vivenciem emergências, pois ao praticar em um ambiente simulado podem reduzir os riscos de erros durante o voo real, desenvolvendo procedimentos fundamentais para as operações aéreas. É necessário que os profissionais se mantenham atualizados quanto as novas tecnologias que estão em crescente avanço, tendo em vista que o mercado exige simuladores de voo mais realistas e adaptáveis, com simulações de comportamentos complexos, expondo o piloto a todo tipo de experiência durante um voo simulado.

A ANAC (2023) estabelece as políticas de treinamento e segurança para treinamento com simulador. Somente Centros de Treinamento (CTAC), devidamente autorizados, podem oferecer treinamentos ou exames oficiais usando FSTD's; os treinamentos devem seguir currículos aprovados pela ANAC, com os procedimentos,

manobras normais, anormais, de emergência que se encontram nos apêndices aplicáveis dos regulamentos da RBAC.

A ANAC (2023) qualifica e aprova os simuladores de voo para garantir que o equipamento seja utilizado em treinamentos de pilotos para exames de proficiência e experiência de voo. As políticas de treinamento e segurança têm regras e práticas obrigatórias estabelecidas pela ANAC, e quando não são adotadas em centros de treinamento, apresentam consequências que podem prejudicar as práticas de habilidades de voo e o desempenho do usuário com precisão.

Além das falhas técnicas, as simulações de voo têm limitações de estudo e possíveis vieses que afetam a pesquisa e o treinamento. Assim como todo recurso tecnológico, nem todos os simuladores de voo reproduzem com precisão todos os aspectos encontrados em um voo real, como situações adversas de meteorologia, falhas no sistema e erros humanos. Além disso, a busca de dados estatísticos referentes a simuladores de voo de empresas aéreas torna-se um empecilho uma vez que não é do seu agrado expor seus pontos fracos. Assim, abrindo margem para a concorrência estar um passo à frente.

Os possíveis vieses podem distorcer os resultados, pois os pilotos podem ter um comportamento diferente em um ambiente simulado. Os pilotos com mais experiência podem ter um desempenho melhor, por ter familiaridade com o programa de treinamento. O simulador de voo possui a qualidade de habilitar e preparar pilotos ou tripulações com segurança, por se tratar de um treinamento virtual, programado para explorar reações imediatas e conhecimentos técnico-operacionais, além de habilidades não técnicas (Fonseca, 2021).

Existe uma grande diferença entre a simulação de voo e o voo real, tendo em vista que o simulador de voo é uma ferramenta de treinamento virtual segura e sem riscos e não reproduz a tensão de cenários desafiadores, em que decisões precisam ser tomadas. Ao passo que, na prática do voo real, cada decisão tem consequências irreversíveis, pois exige que o piloto exerça as habilidades desenvolvidas no treinamento para situações inesperadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa buscou apresentar a utilização de simuladores de voo como ferramenta de treinamento e prevenção de acidentes. Diante da problemática apresentada, o trabalho teve a intenção de apresentar com clareza a influência dos simuladores de voo para a melhoria da segurança operacional na aviação civil.

Com base nos objetivos da pesquisa constatou-se que, de fato, o emprego de simuladores de voo contribui para a prevenção de acidentes, pois emergências aéreas são situações que acontecem na prática profissional dos pilotos e que exigem decisões rápidas e precisas para reduzir os riscos operacionais na aviação civil. Os resultados da pesquisa evidenciaram que o uso de simuladores de voo é imprescindível na formação e aperfeiçoamento de competências.

O treinamento permite a prática de situações em um ambiente controlado, para desenvolver as habilidades de tomada de decisão, aprimorar a capacidade de trabalhar em situações estressantes e tensas, melhorar a resposta a emergências, reduzir erros humanos e fortalecer a cultura de segurança. Espera-se que os resultados deste estudo possam contribuir para a melhoria da segurança operacional na aviação e para o desenvolvimento de políticas e procedimentos mais eficazes para o uso de simuladores de voo.

Conclui-se que o treinamento em simuladores é um elemento-chave para a mitigação de riscos e para a conformidade com padrões internacionais de segurança. Com base nos resultados do estudo, pode-se concluir que a hipótese de que o treinamento em simuladores de voo melhora a segurança operacional é aceita. Os resultados mostraram uma redução significativa nos erros de pilotagem e uma melhoria na tomada de decisão.

O trabalho sugere a ampliação do uso de simuladores em programas de treinamento inicial e recorrente, integrando-os às políticas de segurança operacional. Deste modo, é necessário que sejam feitos estudos mais aprofundados sobre o desenvolvimento de simuladores personalizados para atender às necessidades específicas de cada piloto.

Recomenda-se a implementação mais aprofundada de treinamento em simuladores como parte integrante do currículo nas escolas de voo e centros de treinamento, assim como o treinamento para instrutores com o intuito de garantir que

permaneçam atualizados sobre as melhores práticas, técnicas e tecnologias de treinamento.

REFERÊNCIAS

ANAC. **Políticas de treinamento e segurança para treinamento com simulador.** 2023. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-60-002>. Acesso em: 30 set. 2025.

ANAC. **Programas de instrução e manual de instruções e procedimentos, IS 141-007.** 25/01/2024. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-141-007>. Acesso em: 07 maio 2025.

ANAC. **Requisitos para qualificação e uso de dispositivos de treinamento para simulação de voo, RBAC 60.**2020. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-60>. Acesso em 04 set. 2025.

ALLERTON, D. J. **The case for flight simulation in general aviation.** Cranfield University. 2001. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/287975829_The_case_for_flight_simulation_in_general_aviation. Acesso em 30 set. 2025.

ALLERTON, D. J.; LAMMERTSE, P. **Lessons learnt and lessons missed from flight simulation.** Eur J Dent Educ. 2025 ago;29(3):527-534. doi: 10.1111/eje.12919. Epub 2023 jul 11. PMID: 37431787; PMCID: PMC12287990. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12287990/>. Acesso em: 29 set. 2025.

BALADEZ, F. **O passado, o presente e o futuro dos simuladores.** Fasci-Tech, São Caetano do Sul, v. 1, n. 1, ago./dez., p. 29-40, 2009. Disponível em: https://www.academia.edu/80341486/O_passado_o_presente_eo_futuro_dos_simuladores. Acesso em: 29 set. 2025.

BAZARGAN, M. GUZHVA, V. S. **Factors contributing to fatalities in General Aviation accidents.** 2007. Disponível em: [10.1504/WRITR.2007.013949](https://doi.org/10.1504/WRITR.2007.013949). Acesso em: 30 set. 2025.

BERTULUCCI, J. A.C.. **Formação aeronáutica no Brasil: A segurança como princípio.** Doutorado em História da Ciência, 2023. Pontifícia Universidade Católica De São Paulo PUC-SP. Disponível em: [José Alberto Cesar Bertulucci.pdf](https://repositorio.pucsp.br/handle/11363-5/11363-5). Acesso em: 18 set. 2025.

BGAST. Grupo brasileiro de segurança operacional da aviação geral. **Reação a situações adversas.** 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt->

br/assuntos/seguranca-operacional/gerenciamento-da-seguranca-operacional/safety-enhancements-se/SELOCI02ReaoaSituaesAdversas.pdf. Acesso em: 29 set. 2025.

BOYD, D. D. **Instrument flying infrequency and weather decision-making for general aviation pilots -implications for flight safety in degraded visibility** Safety Science. 2022. Disponível em: [10.1016/j.ssci.2022.105687](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105687). Acesso em 29 set. 2025.

BRUCKHART, J. E. **Analysis of Changes in the Pilot Population and General Aviation Accidents**. Aviation, Space and Environmental Medicine. Vol. 63, pp. 75-79, 1992. Disponível em: <https://asma.kglmeridian.com/meridian/asma/published/rest/pdf-watermark/v1/journals/ase/63/1/article-p75.pdf/watermark-pdf/> . Acesso em: 01 out. 2025.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA). Relatório final A-097/CENIPA/2013. 2013. Disponível em: https://sistema.cenipa.fab.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/rf/pt/pt_lpz_18_05_13pdf. Acesso em: 18 set. 2025.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA). Relatório final A-144/CENIPA/2019. Disponível em: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/segurancaoperacional/gerenciamento-da-seguranca-operacional/relatorio-deacidentes/arquivos/2019/pt-ltj_14_11_2019_ac.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.

COSTA, J. A. M. da. **A Importância dos Simuladores na Formação de Pilotos e CTAs e Seu Impacto na Segurança de Voo**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Aeronáutica, Departamento de Ciências Aeroespaciais, Universidade da Beira Interior, Covilhã/Portugal. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.6/3636>. Acesso em: 17 set. 2025.

CUVILLIER, A. **ABC de psicologia**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1937.

DALGALARRONDO, P. **Psicopatologia e semiologia dos transtornos mentais** [recurso eletrônico] / Paulo Dalgarrondo. – 3. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2019. E-pub. Editado também como livro impresso em 2019. Disponível em: <https://membros.analysispsicologia.com.br/wp-content/uploads/2024/06/Psicopatologia-Paulo-Dalgarrondo.pdf>. Acesso em: 17 out. 2025.

DAMBIER, M., HINKELBEIN, J. **Analysis of 2004 German general aviation aircraft accidents according to the HFACS model**. AIR Medical Journal. 2006. Disponível em: [j.amj.2006.03.003](https://doi.org/10.1016/j.amj.2006.03.003). Acesso em: 29 set. 2025.

EASA. European Aviation Safety Agency. **Checklist Memory Items**. 2013. Disponível em: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Final_Report%20EASA.2013-01.pdf. Acesso em: 10 out. 2025.

EMBRY-RIDDLE AERONAUTICAL UNIVERSITY. **Virtual Reality Flight-Training Program at Embry-Riddle Set for Expansion**. ERAU News, [Daytona Beach, FL], 27 jul. 2022. Disponível em: <https://news.erau.edu/headlines/virtual-reality-flight-training-program-at-embry-riddle-set-for-expansion>. Acesso em: 4 dez. 2025.

FONSECA, M. M. da. **Simuladores de voo: a importância do seu uso para a formação do aeronauta**. 2021. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/3018>. Acesso em: 16 set. 2025.

FRAZÃO, K. F. **Dificuldades com a implantação do SRM na aviação executiva e o potencial para uma padronização nos níveis de segurança operacionais adequados**. Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas, v. 3, n. 5, p. 154-177, 2023. Disponível em: <https://rbac.cia.emnuvens.com.br/revista/article/view/196>. Acesso em: 09 maio 2025.

LOFT. **Os benefícios do treinamento em um simulador de movimento completo**. 2020. Disponível em: <https://www.loft.aero/the-benefits-of-training-in-a-full-motion-simulator/>. Acesso em: 19 set. 2025.

LURIA, A. R. **Curso de psicologia geral**. 2. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1991. v. II. Disponível em: <https://doceru.com/doc/csvxnes>. Acesso em: 17 out. 2025.

MENTGES, S. I. **CRM (Crew Resource Management)**. 2020. Monografia (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça/SC. Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8052/1/SANDRO_A_D2.pdf. Acesso em: 23 set. 2025.

MACHADO, J. E. S. **Os primórdios dos simuladores de voo**. 2020. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/musal/index.php/projeto-av-hist?view=article&id=470:os-primordios-dos-simuladores-de-voo&catid=62>. Acesso em: 13 abr. 2025.

MATSUURA, J. P. **A aplicação dos simuladores de voo no desenvolvimento e avaliação de aeronaves e periféricos**. 1995. Disponível em: <http://www.ele.ita.br/~jackson/files/tg.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2025.

NUNES, O. **Atenção e motivação unem-se à memória**. 2010. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/atencao-e-motivacao-unem-se-a-memoria/35977>. Acesso em: 17 out. 2025.

OLAGANATHAN, R. AMIHAN, R. H. **Impacto da covid-19 na proficiência dos pilotos – uma análise de risco**. Globo. J. Eng. Technol. Adv., 6 (3) (2021). Disponível em: [10.30574/gjeta.2021.6.3.0023](https://doi.org/10.30574/gjeta.2021.6.3.0023). Acesso em: 30 set. 2025.

PNSO. **Plano nacional de segurança operacional para a aviação civil**. 2023-2025. Disponível em: <https://www.decea.mil.br/static/uploads/2023/02/PNSO-2023-2025.pdf>. Acesso em: 19 set. 2025.

R. bras. Av. civil. ci. Aeron., Florianópolis, v. 5, n. 5, p. 180-203, out/dez. 2025.

PUREFLIGHT AVIATION TRAINING. **Maximizing Pilot Training Potential with Flight Simulators**. 16 de janeiro de 2024. Disponível em:

<https://flypureflight.com/blog/pilot-potential-with-flight-simulators/>. Acesso em: 18 set. 2025.

PRADO, J. M. C. **A Importância Do Simuladores De Voo Para O Curso De Piloto Privado**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2022. Disponível em:

<https://shre.ink/obMf>. Acesso em 16 set. 2025.

RAHMAWATI, S. D.; MAULIDA, S. J. R.; RAFI, S.; RATNASARI, D. Effect of Maintenance System and Simulator Pilots on Aviation Safety In Airlines. **Journal of Physics Conference Series**. doi:10.1088/1742-6596/1573/1/012027. Acesso em: 20 set. 2025.

RAMOS, Bernardo Antonio Silva. LIMA Dario Cardoso de. PITANGA, Heraldo Nunes. SILVA Taciano Oliveira da. **Aplicação de métodos de dimensionamento de pavimentos aeroportuários da FAA ao Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek**. 2017. Disponível em:

<https://doi.org/10.14295/transportes.v25i4.1180>. Acesso em: 17 set.2025.

RANIERI, A.; ESMANHOTO, L. G.; ALMEIDA, M.C. **Projeto Novas Tecnologias em Aviões e Tráfego Aéreo Código do Projeto**. 2018. Disponível em:

https://eubrdialogues.com/documentos/proyectos/adjuntos/e78f3f_Estudo_Novas%20Tecnologias%20em%20Avi%C3%B5es%20e%20Tr%C3%A1fego%20A%C3%A9reo.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.

RANKIN, W. **Processo de investigação Meda**. AeroMagazine Boeing Commercial Airplanes, Seattle, n. 02, trimestral, p. 15-21, 2007. Disponível em:

https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_2_07/article_0. Acesso em: 19 set. 2025.

RASO. **Relatório anual de segurança operacional**. 2024. Disponível em:

https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/seguranca-operacional/informacoes-de-seguranca-operacional/copy3_of_RASO_2024_vFinal.pdf. Acesso em: 22 set. 2025.

RIBEIRO, W. G. **Falta de atenção e de motivação: fatores que afetam a segurança de voo na aviação particular brasileira**. 2022. Disponível em:

<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/4364>. Acesso em: 17 out. 2025.

SANTI, S. **Fatores humanos como causas contribuintes para acidentes e incidentes aeronáuticos na aviação geral**. 69p. monografia de especialização – 2009. centro de formação de recursos humanos em transportes, universidade de Brasília. Disponível em:

https://bdm.unb.br/bitstream/10483/1601/1/2009_StefanSanti.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.

SILVA, E. H. V. **A Prática do CRM Como Ferramenta de Segurança no Segmento Particular Brasileiro**. 2023. Disponível em: <https://rbaccia.emnuvens.com.br/revista/article/download/151/251>. Acesso em: 21 set. 2025.

SILVA, J. P.; PONTES, T. N. R. **A influência do treinamento em situações anormais de voo de desorientação espacial**. Revista Conexão SIPAER, v. 10, n. 3, p. 26-38, 2019. Disponível em: <http://conexaosipaer.com.br/index.php/sipaer/article/view/645>. Acesso em: 09 set. 2025.

SOBRINHO, W. D. M. **A importância do treinamento em simulador de voo para formação e aprimoramento da habilidade de pilotagem**. 2020. Disponível em: <https://encurtador.com.br/MqZMe> . Acesso em: 13 set. 2025.

SOCHA, V.; SOCHA, L.; SZABO, S.; HANA, K.; GAZDA, J.; KIMLICKOVA, M.; VAJDOVA, I.; MADORAN, A.; HANAKOVA, L.; NEMEC, V.; PUSKAS, T.; SCHLENKER, J.; ROZENBERG, R. **Training of pilots using flight simulator and its impact on piloting precision**. Proceedings of the 20 International Scientific Conference Transport Means, 2016, Kaunas Univ. of Technology Press, Kaunas, Lituânia, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/314152362_Training_of_Pilots_Using_Flight_Simulator_and_its_Impact_on_Piloting_Precision. Acesso em: 14 set. 2025.

UOL. **Conheça o novo simulador da Ferrari, o mais avançado de todos os tempos**. São Paulo, 7 dez. 2021. Disponível em: <https://motorsport.uol.com.br/f1/news/f1-conheca-o-novo-simulador-da-ferrari-o-mais-avancado-de-todos-os-tempos/6629443/>. Acesso em: 4 dez. 2025.

& Ciências Aeronáuticas

ISSN 2763-7697