

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA E DE ARTES
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AERONÁUTICAS



A influência do treinamento em simulador de voo no âmbito de gerenciamento de emergências

Gabriel Figueiredo Vilela

GOIÂNIA
2023

Gabriel Figueiredo Vilela

A influência do treinamento em simulador de voo no âmbito de gerenciamento de emergências

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola Politécnica e de Artes, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas.

Orientador:

Prof.^a Dra. Anna Paula Bechepeche

Banca examinadora:

Prof. Esp. William de Carvalho Xavier

Prof. Esp. Francis Ferronato

GOIÂNIA

2023

A influência do treinamento em simulador de voo no âmbito de gerenciamento de emergências

Gabriel Figueiredo Vilela¹

Anna Paula Bechepeche²

RESUMO: O treinamento em simulador de voo desempenha um papel importante no âmbito do gerenciamento de emergências, pois se trata de uma ferramenta onde os pilotos são expostos a situações de alto risco de forma segura, permitindo que desenvolvam habilidades de tomada de decisão em momentos críticos, contribuindo para um melhor desempenho no gerenciamento de emergências durante os voos reais. Dessa forma, um dos principais benefícios do treinamento em simulador de voo é a capacidade de expor os pilotos a uma ampla variedade de cenários de emergência que podem ser difíceis ou impossíveis de se reproduzir em uma aeronave real, porquanto podem simular falhas de motor, incêndios a bordo, problemas de pressurização, mau tempo e muitas outras emergências, permitindo que os pilotos pratiquem e aprimorem suas habilidades em um ambiente seguro e controlado. Assim, o artigo analisa e discute a influência do treinamento em simulador de voo no âmbito de gerenciamento de emergências em pilotos de aviação. Dessa forma, a justificativa do tema se dá através da importância do assunto, principalmente para a segurança de voo. O objetivo do artigo é investigar a influência do treinamento em simulador de voo no desenvolvimento das habilidades de gerenciamento de emergências em pilotos de aviação. O artigo visa responder a seguinte problemática: qual é a influência do treinamento em simulador de voo no âmbito de gerenciamento de emergências em pilotos de aviação? A pesquisa se utilizou de uma revisão bibliográfica, com abordagem explicativa e qualitativa, abordando a história e conceituação da simulação de voo, bem como avaliando a eficácia desse tipo de treinamento. Para esta pesquisa, serão utilizadas fontes de dados secundários, incluindo artigos científicos, teses e dissertações relacionadas ao treinamento em simulador de voo e gerenciamento de emergências. Essas fontes serão obtidas de bases de dados acadêmicas confiáveis, como PubMed, Google acadêmico, teses, artigos científicos, entre outras. Portanto, conclui-se que os simuladores de voo representam uma ferramenta fundamental no treinamento e aprimoramento dos pilotos, permitindo que eles desenvolvam habilidades e competências necessárias para lidar com diversas situações e emergências durante o voo, além de oferecer um ambiente seguro e controlado para treinamento, possibilitando a prática de manobras complexas, treinamento de emergência e aperfeiçoamento do gerenciamento de cabine.

Palavras-Chave: Simulador de voo; Treinador Virtual; Emergências; Crise; Gerenciamento.

ABSTRACT: Flight simulator training plays an important role in emergency management as it is a tool where pilots are exposed to high-risk situations in a safe manner, allowing them to develop decision-making skills in critical moments, contributing to better emergency management performance during real flights. Therefore, one of the main benefits of flight simulator training is the ability to expose pilots to a wide variety of emergency scenarios that

¹ Discente do Curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás de Goiânia-GO.

² Possui graduação em Física pela Universidade Federal de Goiás (1988), mestrado em Física pela Universidade de São Paulo (1991) e doutorado em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1996). Atualmente é Professor efetivo da Pontifícia Universidade Católica de Goiás e Professor efetivo da Universidade Estadual de Goiás

may be difficult or impossible to reproduce in a real aircraft. They can simulate engine failures, onboard fires, pressurization issues, bad weather, and many other emergency situations, allowing pilots to practice and improve their skills in a safe and controlled environment. This article analyzes and discusses the influence of flight simulator training on emergency management skills in aviation pilots. In this way, the justification for the theme is given through the importance of the subject, especially for flight safety. The objective of the article is to investigate the influence of flight simulator training on the development of emergency management skills in aviation pilots. The article aims to address the following question: what is the influence of flight simulator training on the management of emergencies among aviation pilots? The research is conducted through a literature review, with an explanatory and qualitative approach, addressing the history and conceptualization of flight simulation, as well as evaluating the effectiveness of this type of training. For this study, secondary data sources will be utilized, including scientific articles, theses, and dissertations related to flight simulator training and emergency management. These sources will be obtained from reliable academic databases such as PubMed, Google Scholar, theses, scientific articles, among others. Therefore, it is concluded that flight simulators constitute a fundamental tool in the training and improvement of pilots, enabling them to develop the skills and competencies necessary to handle various situations and emergencies during flight. Additionally, they provide a safe and controlled environment for training, allowing the practice of complex maneuvers, emergency drills, and the refinement of cockpit management.

Keywords: Flight simulator; Virtual Trainer; Emergencies; Crisis; Management.

1 INTRODUÇÃO

O tema do trabalho aborda a influência do treinamento em simulador de voo no gerenciamento de emergências. Considerando a dificuldade e complexidade de pilotar um avião, é necessário que os pilotos possuam predisposições psíquicas e físicas, além de amplo conhecimento, para lidar com a terceira dimensão do espaço. No entanto, devido aos altos custos e à seleção rigorosa para formação prática dos pilotos, foi desenvolvido um ambiente de voo virtual utilizado para treinamento, certificação e teste de conhecimentos (FONSECA, 2021).

Assim, com o aumento do tráfego aéreo e a demanda por voos, o treinamento em simuladores de voo tem se mostrado cada vez mais importante no gerenciamento de emergências na aviação, por oferecerem aos pilotos a oportunidade de vivenciar emergências, como falhas de motor e incêndios a bordo, em um ambiente seguro e controlado (FONSECA, 2021).

Durante o treinamento, os pilotos aprendem a identificar e avaliar rapidamente a situação, tomar decisões e implementar medidas para garantir a segurança da aeronave e dos passageiros. Além disso, o treinamento em simulador também permite que os pilotos pratiquem

a comunicação e a coordenação de equipe durante uma emergência, trabalhando com outros membros da tripulação (BACCIOTTI, 2016).

Com isso, a possibilidade de repetição e prática é outro benefício importante dos simuladores ao permitir que os pilotos aperfeiçoem suas habilidades e ganhem maior confiança na realização dos procedimentos de emergência. Investir em treinamentos de alta qualidade em simuladores de voo é importante para garantir a máxima segurança em caso de emergências (FONSECA, 2021).

Onde, a influência do treinamento em simulador de voo no âmbito de gerenciamento de emergências é um tema relevante, tanto do ponto de vista social quanto acadêmico e profissional. No aspecto social, a aviação é um meio de transporte fundamental para a sociedade, sendo responsável por conectar pessoas e mercadorias em diferentes partes do mundo, por essa razão a segurança é primordial, e o treinamento em simulador de voo desempenha um papel importante na formação e preparação dos pilotos para emergências.

Do ponto de vista acadêmico, abordar a influência do treinamento em simulador de voo no gerenciamento de emergências é relevante para o aprimoramento do conhecimento de estudantes. O artigo permitirá a exploração teórica do tema, contribuindo brevemente para compreender as técnicas e procedimentos envolvidos no gerenciamento de emergências.

E no campo profissional, a discussão sobre a influência do treinamento em simulador de voo no gerenciamento de emergências é fundamental para a formação de pilotos e tripulantes, bem como para o desenvolvimento de ações e políticas de segurança operacional.

Assim, tem por objetivo investigar a influência do treinamento em simulador de voo no desenvolvimento das habilidades de gerenciamento de emergências em pilotos de aviação. E objetivos específicos: Conceituar simulação de voo e discorrer os aspectos históricos dessa tecnologia, principalmente para pilotos comerciais e de linha aérea; avaliar a eficácia do treinamento em simulador de voo no desenvolvimento das habilidades de gerenciamento de emergências em pilotos de aviação. O artigo se propõe a responder a seguinte problemática: qual é a influência do treinamento em simulador de voo no âmbito de gerenciamento de emergências em pilotos de aviação?

A pesquisa se trata de um artigo científico, que se delimitará em uma abordagem explicativa e descritiva. Para esta pesquisa, serão utilizadas fontes de dados secundários, incluindo artigos científicos, teses e dissertações relacionadas ao treinamento em simulador de voo e gerenciamento de emergências. Essas fontes serão obtidas de bases de dados acadêmicas confiáveis, como PubMed, Google acadêmico, teses, artigos científicos, entre outras.

2 SIMULADORES DE VOO: ASPECTOS HISTÓRICOS E CONCEITUAIS

Conceitua-se como “simuladores de voo”, dispositivos de treinamento em aviação que oferecem aos pilotos possibilidades significativas no desenvolvimento de suas habilidades básicas e avançadas na pilotagem de aeronaves. Portanto, o seu uso é benéfico tanto para pilotos iniciantes quanto para pilotos experientes por proporcionarem aprimoramento das habilidades de voo (FONSECA; MONTEIRO, 2022).

Desta forma, a simulação é um método de treinamento que emprega uma representação de uma situação real para tomar decisões e alcançar resultados similares aos que seriam alcançados na realidade. No treinamento de pilotos, por exemplo, os simuladores de voo são utilizados para encenar uma experiência real. Essa técnica é especialmente útil onde a prática em determinados locais ou equipamentos é inviável, ou apresenta riscos.

Figura 1: Simulador de voo de movimento completo (full-motion)



Fonte: CAE, 2023

Dessa forma, no sentido mais técnico, o termo é usado para descrever como um sistema que se comporta de forma parecida com outros sistemas (modelos que usam analogias) ou fórmulas matemáticas (modelos que usam matemática) (CAMPOS, 2009). O Ministério da Defesa conceitua simulador de voo:

Como um método técnico que possibilita representar artificialmente uma atividade ou um evento real, por meio de um modelo e com o auxílio de um sistema informatizado, mecânico, hidráulico ou de sistemas combinados, reproduzindo as características e a evolução de um processo (BRASIL, 2020d, p.3-1).

No que tange o contexto histórico, em 1910 surgiram os primeiros dispositivos, ao qual se utilizava barris para replicar os movimentos do voo, como uma forma segura de treinamento, permitindo a representação de procedimentos e manobras sem oferecer riscos para pessoas ou equipamentos. Com o passar do tempo, foram evoluindo, tornando-se mais complexos e

facilitando a navegação. Os projetistas continuaram trabalhando em suas melhorias, incorporando atuadores mecânicos ou elétricos para reproduzir os movimentos das aeronaves (MACHADO, 2020).

A automação na aviação buscava recriar as sensações reais vivenciadas pelos pilotos nos cockpits. Portanto, Edwin Link desenvolveu o *link trainer*, que foi a primeira estrutura de treinamento que utilizava mecanismos pneumáticos, para ensinar aos estudantes o efeito dos controles na atitude de voo e treiná-los para uma operação coordenada (PANASSOL JÚNIOR, 2021).

Figura 2: Link Trainer, de Edwin Link, primeiro simulador que usava estrutura pneumática



Fonte: NAS Fort Lauderdale Museum, 2019

Com o surgimento do treinamento de voo por instrumentos, os *links trainers* passaram a ser amplamente utilizados, levando a uma melhoria na qualificação dos pilotos. Com os avanços tecnológicos, os projetistas passaram a buscar uma replicação mais fiel da realidade, para oferecer um nível elevado de envolvimento humano no treinamento, diminuir erros humanos e praticar procedimentos de emergência (PANASSOL JÚNIOR, 2021).

Além disso, os primeiros simuladores de voo eram simples e não tinham instrumentos de navegação. Eles serviam apenas para mostrar aos alunos como os controles afetavam a postura do avião tripulado e ensiná-los a operar as aeronaves. Como os movimentos de cada parte, como ailerons, elevadores e leme, eram independentes, eles não reproduziam fielmente o comportamento das aeronaves. Por isso, seu verdadeiro benefício na formação dos pilotos levou mais tempo para se concretizar, pois a ciência ainda era primitiva na época. E como se pode ver, o equipamento foi fruto de vários inventores, que foram melhorando suas invenções ao longo do tempo (GOMES, 2019).

O primeiro sistema visual foi feito pela *General Electric Company*, e se propagou em simuladores de aviação civil. Ele usava um modelo em escala visto por um sistema de televisão, com imagem computadorizada para simulação. No entanto, o primeiro sistema de imagem computadorizada viável economicamente para simuladores comerciais foi feito somente em 1971 pela *McDonnell-Douglas Electronics Corporation*, chegando à sua forma mais atual no final dos anos 70 (MATSUURA, 1995).

Os simuladores de voo modernos utilizam uma variedade de módulos de softwares que proporcionam reações realísticas das aeronaves, a situação de voo pretendida no treinamento. Atualmente são amplamente utilizados pelas companhias aéreas, aviação executiva e escolas de aviação, podendo reproduzir voos reais com instabilidades e emergências, permitindo aos pilotos praticarem pousos, decolagens e manobras cotidianas (BRITANNICA, 2023).

Figura 3: Cabine da aeronave Airbus A-320, reproduzida no simulador de voo real, que é utilizado por companhias aéreas em seus treinamentos



Fonte: CAE, 2023

Os simuladores tentam reproduzir a operação real de uma atividade. A ideia de um treinamento virtual é criar um modelo dinâmico do comportamento de uma aeronave para que o usuário humano possa interagir com o equipamento como parte da reprodução (PANASSOL JUNIOR; GARCIA, 2021).

Assim, o simulador permite que o piloto interaja com a simulação, 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 de aeronaves de grande porte (MATSUURA, 1995).

3 A IMPORTÂNCIA DOS SIMULADORES DE VOO NA FORMAÇÃO DE PILOTOS

A utilização dos simuladores de voo durante a formação permite verificar se os conhecimentos teóricos são suficientes para a execução das tarefas de voo, contribuindo para a redução de acidentes aéreos causados por erros de tripulações. O aprofundamento dos conhecimentos pode ser feito individualmente através da literatura profissional, mas é necessário treinamento contínuo para manter e melhorar as competências técnicas (FONSECA; MONTEIRO, 2022).

Assim, os pilotos das companhias aéreas são obrigados a realizar treinamento no simulador duas vezes por ano. Durante essas sessões, eles lidam com vários cenários de formação. A formação em simulador também inclui a simulação de voos comerciais, a tripulação treina as ações relacionadas com a preparação e o desempenho (SOCHA *et al.*, 2016).

Nesse sentido, o Exército Brasileiro reconhece a simulação como um poderoso instrumento motivacional e considera sua metodologia adequada ao processo de ensino e aprendizagem. Através dela, é possível mobilizar capacidades cognitivas, físicas e motoras dos alunos, além do desenvolvimento de valores e atitudes. Potencializa a atividade de aprendizagem, permitindo o desenvolvimento dos conteúdos de forma mais eficiente. É benéfico na redução de custos, danos ambientais e riscos em atividades militares (SOCHA *et al.*, 2016).

No que tange aos benefícios dos simuladores, uma das características mais marcantes dos simuladores é a tentativa de fornecer uma reprodução operacional tal qual a atividade real, onde pode apresentar diferentes graus de abstração e envolvimento humano, visando imitar o comportamento de uma aeronave, empregando um nível reduzido de abstração e um nível elevado de interação humana, permitindo que o piloto interaja com a simulação, incluindo turbulências, meteorologia adversa, falha de componentes de voo, emergências, treinamento de voo por instrumento, treinamento de gestão de cabine entre pilotos e adaptação de aeronaves de grande porte (LEMOS, 2021).

Figura 4: Simulação do apagamento de motor em voo, em uma aeronave King Air C-90B



Fonte: Autoria própria, 2023

As simulações são planejadas para serem o mais realistas possível, permitindo que os participantes aprendam com base em suas próprias ações. Além de não haver preocupação financeira com reparos ou substituição de equipamentos danificados durante o processo. Os simuladores conseguem reproduzir voos reais com instabilidades e emergências, permitindo aos pilotos praticarem pousos, decolagens e manobras cotidianas (LEMONS, 2021).

No contexto empresarial, permitem que os funcionários visualizem o impacto das suas decisões em um ambiente seguro e reduzido nível de risco. Elas são usadas tanto para ensinar habilidades técnicas quanto habilidades interpessoais e gerenciais. Dessa forma, a simulação contribui para o desenvolvimento de competências ao integrar diferentes recursos em situações específicas. O contexto sociocultural do indivíduo também desempenha um papel importante na aprendizagem. Sendo um grande exemplo do uso do simulador de voo, o voo US Airways 1549, onde o comandante Sully, após uma colisão com pássaros teve que tomar a decisão de pousar no rio, e com isso vindo salvar 155 pessoas que estavam a bordo. Isso só destaca a calma e a habilidade da tripulação, perante a emergência (FONSECA; MONTEIRO, 2022).

Nesse sentido, a finalidade dos simuladores na formação profissional dos pilotos é qualificar e aprimorar os pilotos comerciais, preparando-os para situações especiais e buscando aprimoramento pessoal. Os centros de treinamento têm sido essenciais para avanços na engenharia e tecnologia da aviação, buscando melhorar as habilidades dos pilotos, reduzir acidentes e economizar recursos. À medida que a precisão dos simuladores melhora ao longo do tempo, as companhias aéreas investem cada vez mais em capacitação própria para garantir um padrão adequado na transferência dessas habilidades (PRICE; FORREST, 2016).

A LATAM, empresa aérea, utiliza simuladores que replicam com realismo as cabines de aviões modernos. Os pilotos passam por treinamentos regulares nesses equipamentos que possuem todas as funcionalidades internas de uma aeronave real (PANASSOL JUNIOR; GARCIA, 2021).

Os simuladores podem simular voos de qualquer origem, destino ou condição climática, incluindo emergências personalizadas. Antes da prática, os pilotos passam por uma parte teórica e, após cada treinamento, são realizadas avaliações. A imersão é intensificada com o uso de braços hidráulicos. Portanto, é importante ressaltar que cada empresa aérea utiliza seu próprio método de aprendizagem, mas todas buscam investir em tecnologia para treinar seus profissionais (BACCIOTTI, 2016).

Além disso, o uso do simulador permite aos alunos se familiarizarem com o *cockpit* e os equipamentos da aeronave antes mesmo do voo real. Isso evita gastos desnecessários com horas de voo apenas para explicar e demonstrar cada um dos equipamentos disponíveis (SANTOS; SILVEIRA, 2019).

Os simuladores não podem substituir completamente o treinamento em voo real, mas preparam os pilotos para voar em situações reais, por isso, eles devem estar sempre preparados para cada fase do treinamento, tendo conhecimento técnico dos manuais e regulamentos. O programa de treinamento de tripulantes de voo estabelece as horas necessárias de capacitação em cada fase do currículo. Contudo, é crucial equilibrar o treinamento prático com uma consciência da possível limitação na transferência de habilidades para voos reais (PANASSOL JUNIOR; GARCIA, 2021).

Por todo o exposto, para melhor compreender a influência do treinador de voo para gerenciamento de crises, nada melhor que mencionar o relato de um piloto sobre a sua visão da eficácia do simulador. Em 1983, Dubois (2012) pilotava um simulador de voo no Aims Community College. Durante um treinamento de voo simulado, ele perdeu um motor. Agiu rapidamente, tentando manter o controle do avião, mas logo percebeu que não teria tempo suficiente para pousar ou fazer outra abordagem. Apesar do simulador de voo não ter os mesmos recursos dos atuais, Dubois lidou com a situação perfeitamente, lutando contra as pesadas asas do avião para evitar uma queda iminente (DUBOIS, 2012).

No final, ele conseguiu pousar com segurança, salvando o avião virtual e todos a bordo. No entanto, foi a única pessoa que se feriu durante a simulação. Dubois reconheceu o valor do treinamento em simuladores de voo, mesmo naquela época. Embora menos avançados do que os de hoje, os simuladores proporcionavam uma experiência valiosa e ajudavam os pilotos a se

tornarem mais seguros e experientes. A sua experiência naquele simulador de voo foi mais intensa e impactante do que muitas de suas horas de voo reais (DUBOIS, 2012).

Essa diferença entre a simulação e a realidade pode afetar a efetividade do treinamento, apesar dessas limitações, eles desempenham um papel importante na capacitação dos pilotos para lidar com situações emergenciais e adversidades climáticas. Dessa forma, o uso combinado de horas em simulador e voos reais contribui para um melhor preparo dos pilotos nas diversas habilidades necessárias para sua profissão (BACCIOTTI, 2016).

Segundo Bacciotti (2016), esses equipamentos proporcionam uma oportunidade para praticar habilidades de voo em um ambiente controlado antes de enfrentar situações reais. Entretanto, é importante destacar que a efetividade do treinamento depende tanto da precisão do simulador quanto das habilidades do instrutor. Diversas situações, como perda de motor, perda de rádio e falhas nos sistemas hidráulico e pneumático, podem ser simuladas nos simuladores. Isso permite que os pilotos sejam treinados para lidar com essas situações e tomar decisões adequadas.

Bacciotti (2016) também destaca que os simuladores podem imitar condições desfavoráveis para o voo, como tempestades e névoa úmida. Eles são utilizados no treinamento da regra de voo por instrumentos (IFR), onde o aluno pilota apenas por instrumentos do painel.

Figura 5: Aeronave voando em condições IFR, no simulador de voo



Fonte: Sporty's, 2022

No entanto, Bacciotti (2016), ressalta que mesmo com as melhorias na tecnologia dos simuladores ao longo do tempo, eles ainda não conseguem reproduzir totalmente uma pane real. Por exemplo, durante um treinamento relacionado à pane de motor em um simulador, é possível apenas reduzir a rotação do motor para simular uma inabilidade.

Durante a instrução, os alunos precisam revisar as manobras várias vezes para garantir o entendimento adequado. A segurança é uma preocupação constante nessa etapa, porquanto esses pilotos estão em treinamento e qualquer acidente pode ser prejudicial para a organização (BACCIOTTI, 2016).

Importante mencionar que o simulador não depende das condições climáticas para ser utilizado. Em situações em que as condições meteorológicas adversas impedem o voo real, o treinamento pode continuar. E ainda, é possível simular diferentes condições climáticas e alterá-las durante a prática (SANTOS; SILVEIRA, 2019).

A simulação é uma solução viável para problemas que não podem ser estudados de forma real devido a questões de tempo, segurança, ética, física ou clima. O seu uso permite obter resultados imediatos que, de outra forma, levariam anos para serem alcançados. Além disso, os simuladores permitem a execução de uma grande quantidade de eventos em um curto tempo, graças ao avanço das tecnologias computacionais. Portanto, a simulação de sistemas oferece benefícios significativos devido à agilidade e à capacidade de criar ambientes realistas (BALADEZ, 2009).

O treinamento em simuladores de voo também é uma parte essencial, do CRM — Gerenciamento dos Recursos de Equipes (*Corporate Resource Management*), obrigatório para garantir a eficiência e segurança nas operações de voo, é um treinamento padronizado que visa desenvolver uma operação segura de aviação. Além de poder ser usado como um parâmetro de avaliação do piloto, durante a instrução (BALADEZ, 2009).

Portanto, as companhias aéreas e escolas de aviação submetem seus pilotos a treinamentos anuais de emergências e panes em simuladores para garantir que esses procedimentos sejam executados segundo o CRM (comunicação, liderança, gestão de pessoas, ...) e sejam o mais preciso possível. A tecnologia de simuladores de voo cada vez mais sofisticados oferece mais oportunidades de treinamento combinando teoria e prática, levando a resultados de formação eficientes (BALADEZ, 2009).

Figura 6: Competências que fazem parte do CRM



Fonte: Autoria própria, 2023

Os dispositivos de treino adequados são necessários para o planejamento racional da utilização dos instrumentos de formação. Antes de utilizar um simulador de voo avançado, são utilizados equipamentos mais simples, como o CBT (Computer Based Training/Treinamento Baseado em Computador) e Mockup (maquetes), para ensinar procedimentos básicos. Isso reduz os custos e aumenta a eficácia da formação (SANTOS *et al.*, 2017).

Contudo, mesmo com alta fidelidade nos simuladores, a efetividade do treinamento depende das habilidades do instrutor, tendo em vista que isso é particularmente importante em relação aos equipamentos de baixa fidelidade, onde o preceptor pode preencher as lacunas deixadas pelo simulador, como algumas pannes e emergências que não são possíveis de reproduzir fielmente, além de reduzir os custos associados a prática direta em aeronaves reais, já que o preço de aquisição de um simulador é consideravelmente menor em comparação ao preço da aeronave real, além disso, o custo operacional é significativamente mais baixo (MATSUURA, 1995).

Não se pode deixar de mencionar sobre a redução do tempo de formação e treinamento. Com o uso dos simuladores, é possível focar em manobras ou procedimentos específicos sem precisar repetir todo o voo, otimizando assim o tempo de aprendizado. Assim, o papel do instrutor e do programa de capacitação na efetividade da prática, são essenciais no desenvolvimento e aperfeiçoamento do piloto, além de capacitá-lo, para adversidades, podendo reproduzir voos reais com instabilidades e emergências, permitindo a prática de pousos, decolagens e manobras cotidianas (SANTOS; SILVEIRA, 2019).

Em síntese, os simuladores de voo são ferramentas essenciais no treinamento e aperfeiçoamento dos pilotos, permitindo a prática de habilidades de pilotar em um ambiente controlado e seguro. Embora ainda não possam reproduzir totalmente as condições reais de voo, eles oferecem a oportunidade de treinar situações emergenciais e adversidades climáticas, contribuindo para a segurança e efetividade dos pilotos durante o voo (PASSAGLIA, 2016).

4 APRIMORANDO O GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIAS AÉREAS ATRAVÉS DOS SIMULADORES DE VOO

É notório que pilotos treinados em condições difíceis desenvolvem uma técnica de controle efetiva, e é isso que ajudam a lidar com emergências reais, assim, na visão de Scaramuzzino (2022), é imprescindível garantir que o treinamento oferecido seja realista e que as competências adquiridas possam ser aplicadas em situações reais de voo, porquanto a capacidade dos pilotos de reagir rapidamente a mudanças perceptuais e lidar com emergências é de extrema importância para elevar a segurança das aeronaves.

Portanto, é necessário desenvolver técnicas de controle robustas e aprimorar a adaptabilidade e julgamento dos pilotos, por meio de treinamentos adequados. Assim, a inclusão de diferentes configurações de aeronaves nos programas de treinamento também pode contribuir para um melhor entendimento sobre a necessidade de adaptabilidade e julgamento em diferentes situações de voo (SCARAMUZZINO, 2022).

De acordo com Hilscher, Breiter e Kochan (2012), a capacitação em emergências visa fornecer às tripulações de voo informações básicas para lidar com essas situações e obter resultados bem-sucedidos. Durante esse treinamento, as tripulações são expostas a situações complexas e incomuns, a fim de desenvolver um comportamento padrão para lidar com emergências.

De acordo com Martin, Murray e Bates (2012), o efeito susto tem um impacto negativo na tomada de decisões durante emergências aéreas, ocorrendo em razão do piloto precisar dedicar mais recursos cognitivos para lidar com situações críticas, o que pode levar à confusão e atrasos no processamento. Porém, a transição do desempenho baseado em habilidades para o desempenho baseado em regras depende do treinamento e da atenção do piloto. Essas conclusões mostram que a tomada de decisão durante emergências aéreas é influenciada por vários fatores, e ainda é um processo complexo a ser compreendido (BAE, 2012).

Boeing (2012), menciona que a sobrecarga cognitiva e a avaria da tripulação podem ser observadas no acidente da Air France e, dessa forma, em muitos casos, a formação em

simulador, em conjunto com a prática deliberada, tem demonstrado melhorar o desempenho da tripulação. A prática deliberada tem sido amplamente aplicada como uma solução do setor industrial para outras emergências a bordo e a sua aplicação ao efeito de susto pode ser uma forma eficaz de atenuar alguns dos seus riscos inerentes. Destarte, a tomada de decisão é um processo complexo que os investigadores estão apenas a começar a compreender.

Nesse contexto, Santos et al., (2022), visando analisar sobre a reação dos pilotos novatos e experientes em diferentes emergências, realizou um estudo no simulador de voo Epsilon TB-30. Assim, foram realizadas quatro manobras diferentes: na Emergência 1, no momento da decolagem, o motor apresenta uma falha e o piloto opta por abortar o procedimento ou realizar um pouso de emergência; na Emergência 2, a aeronave enfrenta problemas no motor durante o voo próximo a base e o piloto precisa realizar um pouso de emergência de forma imediata; na Emergência 3, o avião está longe da base e o motor apresenta problemas, o piloto precisa tomar uma decisão sobre a rota mais adequada para um pouso de emergência, considerando também a possibilidade de aterrissar fora da base.; e na Emergência 4, o alternador do sistema elétrico do avião deixa de funcionar.

Durante essas emergências, é essencial avaliar e reagir corretamente para garantir a segurança dos passageiros e do avião. Observe que na E4, o piloto é responsável por verificar se os componentes que transmitem, distribuem, utilizam e armazenam energia elétrica estão funcionando corretamente e por minimizar o consumo de energia. Além disso, deve retornar à base para realizar o pouso. Todos os participantes foram submetidos às mesmas missões e na mesma ordem, devido à impossibilidade de randomização nas manobras (SANTOS et al., 2022).

Os resultados desta pesquisa mostraram que a resposta autonômica ao estresse durante manobras de voo de emergência em simulador de voo difere de acordo com a experiência dos pilotos. Os pilotos experientes apresentaram uma resposta autonômica semelhante aos pilotos novatos, mas com desempenho superior. Porém, a experiência dos pilotos influenciou uma resposta cardiovascular mais baixa durante as condições basais em comparação com os pilotos novatos (SANTOS *et al.*, 2022).

A primeira manobra de decolagem foi a mais estressante para todos os pilotos, evidenciando uma resposta de antecipação elevada, mas as manobras de decolagem seguintes mostraram maior modulação parassimpática para todos os participantes. Em síntese, os resultados indicam que a experiência de voo e o nível de estresse do contexto podem influenciar a resposta autonômica ao estresse e o desempenho operacional dos pilotos (SANTOS et al., 2022).

No que tange ao treinamento de voo especificamente para o helicóptero, Scaramuzzino (2022), ressalta que o instrutor deve mostrar as diferentes atitudes de inclinação, em relação ao horizonte, utilizando um ponto de referência no convés. O aluno aprenderá a fazer uma contagem regressiva para aterrissagem e a sentir a posição dos esquis em relação ao solo. Também aprenderá a lidar com falhas do motor durante o voo, incluindo parar a deriva lateral, parar a guinada e amortecer a aterrissagem.

Figura 7: Helicóptero fazendo uma manobra de autorrotação, após a perda do rotor principal, no simulador de voo



Fonte: Sunday 748, 2022

Em vista disso, é importante mencionar sobre a Equipe de Segurança de Helicópteros dos EUA (USJHAT) que propôs Recomendações de Intervenção (RI) para reduzir acidentes em helicópteros, incluindo a RI T1060 sobre o treinamento em simulador. Essa RI sugere o desenvolvimento de um padrão de treinamento focado em cenários operacionais, fatores humanos e uso de simuladores e dispositivos de treinamento de voo. E foram realizadas manobras avançadas, que incluíam habilidades como rolamento dinâmico, treinamento em procedimentos de emergência, ressonância do solo, paradas rápidas, direção de procedimentos de aproximação e prática de aproximações a pináculos, áreas de pouso não melhoradas e plataformas elevadas (MARTIN; MURRAY; BATES, 2012).

Também enfatizava o treinamento para manter a consciência dos sinais críticos para um voo seguro, para avaliar e habilitar a competência em questões críticas, tais como falhas de sistemas, preocupações climáticas iminentes, efeitos da altitude densidade e condições de vento e superfície que possam se tornar críticas para um voo seguro (SCARAMUZZINO, 2022).

No mesmo sentido, segundo Liu *et al* (2008), é necessário realizar uma prática extensiva para permitir que os pilotos reajam prontamente e evitem erros durante emergências, pois são fundamentais para assegurar a segurança das aeronaves de asas rotativas. Assim, o programa de treinamento em simulador para autorrotação deve ser atualizado para incluir diferentes configurações de voo, permitindo que os pilotos se familiarizem com diversos modelos. Isso ajudará os pilotos inexperientes a entenderem que a autorrotação não é um procedimento fixo e que a adaptabilidade e o discernimento do piloto são importantes.

Nesse entendimento, Scaramuzzino (2022), relata que a falta de execução correta da manobra de autorrotação, seja em uma emergência real ou durante treinamentos, frequentemente resulta em acidentes, mas para minimizar os riscos durante a prática de autorrotação e aumentar a eficácia do treinamento, é necessário elaborar um programa de formação padronizado para essa manobra.

Adicionalmente, para reduzir a carga sobre o instrutor, é importante que o aluno passe a aprender os princípios básicos de manutenção/controle da velocidade do ar e das RPM (rotações por minuto) do rotor antes de praticá-la. Para tanto, exercícios preparatórios para a autorrotação foram propostos, tais como: verificações de desaceleração do motor, análise das taxas de decaimento das RPM do rotor em diferentes configurações de potência/coletivo e compreensão da atitude tanto em solo quanto em voo pairado, mostrando a cruzamento do horizonte com o para-brisa central (SCARAMUZZINO, 2022).

Tendo em vista os acidentes aéreos, que mesmo sendo uma baixa porcentagem, em 2016, a Equipe de Segurança de Helicópteros dos EUA estabeleceu uma meta de reduzir em 20% a taxa de acidentes fatais de helicóptero nos EUA até 2020. No entanto, a taxa média de acidentes fatais entre 2015 e 2019 foi de 0,65, o que significa que a meta não foi alcançada. Agora, a nova meta é reduzir essa taxa média para 0,55 até 2025 (HILSCHER; BREITER; KOCHAN, 2012).

Analisando os acidentes ocorridos, a equipe identificou duas atividades relacionadas ao uso de simuladores que poderiam ajudar a abordar os fatores causais dos acidentes. A primeira atividade busca melhorar a modelagem dos simuladores para condições de voo fora do envelope, tornando as simulações mais realistas e fidedignas. Além disso, está sendo examinado o uso da simulação para prevenir, reconhecer e recuperar a desorientação espacial (SCARAMUZZINO, 2022).

A segunda atividade tem como objetivo desenvolver treinamentos para o reconhecimento e recuperação da desorientação espacial, utilizando tecnologia de simulação e cenários de treinamento (SCARAMUZZINO, 2022).

Por isso, a Equipe de Segurança de Helicópteros dos EUA quanto o NTSB (National Transportation Safety Board) reconhece a importância do uso de simuladores de voo para melhorar a segurança dos helicópteros, especialmente em emergências. No entanto, o desenvolvimento de simuladores e cenários fidedignos é um desafio a ser enfrentado, por isso, é necessário compreender e definir as questões e fatores causais relacionados aos acidentes, como o julgamento e as ações do piloto, a consciência situacional, entre outros, para garantir um treinamento mais eficaz dos pilotos de helicópteros (SCARAMUZZINO, 2022).

A Equipe Europeia de Segurança de Helicópteros (EHEST) desenvolveu materiais para aumentar a conscientização sobre segurança no treinamento de helicópteros, mas a formação em tomada de decisão deve ser melhorada para evitar acidentes. A reprodução de acidentes não foi viável, então é melhor entender como a gestão de ameaças e erros falham. A falta de indicação do ângulo de ataque crítico em aeronaves de asa fixa foi destacada como um problema (HILSCHER; BREITER; KOCHAN, 2012).

As instituições de segurança de helicópteros carecem de uma estratégia clara e coordenada para utilizar modelagem e simulação em treinamentos visando a redução de acidentes. Mas a confiança nos padrões de fidelidade de simuladores de voo é essencial para o treinamento eficaz. No entanto, incertezas na validade desses padrões podem prejudicar os benefícios dos dispositivos de formação. É necessário realizar pesquisas para informar novas atividades regulatórias e melhorar os padrões existentes. (SCARAMUZZINO, 2022)

Nessa linha, Scaramuzzino (2022), ainda esclarece que as reações mais rápidas a mudanças perceptuais, como estímulos físicos ou novas interpretações de estímulos, podem resultar em maior segurança. Pilotos treinados em condições de alta demanda de recursos têm maior probabilidade de lidar com emergências reais, pois estão acostumados a situações imprevistas. O programa de treinamento em simulador pode ser atualizado, incluindo diferentes configurações e características de manuseio do helicóptero, para que os pilotos possam se familiarizar com diferentes situações, o que ajudaria os pilotos inexperientes a entenderem que a autorrotação não segue um procedimento padronizado e que a adaptabilidade e o julgamento do piloto são essenciais.

5 CONCLUSÃO

Diante da problemática apresentada acerca da influência do treinamento em simulador de voo no gerenciamento de emergências em pilotos de aviação, é importante destacar que os

simuladores têm se mostrado uma ferramenta valiosa na formação e aperfeiçoamento das competências desses profissionais.

Com base nos objetivos propostos, pode se afirmar que de fato, os simuladores de voo contribuem para uma abordagem proativa na prevenção de acidentes, pois emergências aéreas são situações altamente estressantes que exigem decisões rápidas e precisas. O treinamento em simulador permite que os pilotos pratiquem essas situações em um ambiente controlado, desenvolvendo suas habilidades de tomada de decisão e aprimorando sua capacidade de lidar com o estresse.

Os simuladores também desempenham um papel importante no desenvolvimento de competências não técnicas dos pilotos, como o gerenciamento de recursos da tripulação, oferecem oportunidade de treinar em diferentes tipos de aeronaves, permitindo que os pilotos se familiarizem com as características de voo de cada uma e desenvolvam habilidades de transição suave entre diferentes modelos.

Também, a capacitação em simulador permite uma abordagem mais personalizada e adaptável ao treinamento dos pilotos, e ainda podem ser programados para reproduzir situações específicas de voo, como aeroportos e rotas específicas, permitindo a prática e aprimoramento de suas habilidades em cenários do mundo real, tornando o treinamento mais relevante e eficaz, garantindo que os pilotos estejam preparados para enfrentar os desafios de emergências.

Outro aspecto relevante do treinamento em simuladores de voo é a possibilidade de simular riscos e eventos extremos, como falhas de sistemas e condições climáticas adversas, que seriam muito arriscados ou impraticáveis de serem reproduzidos na realidade, o que permite a experiência e preparação para essas situações, desenvolvendo habilidades e estratégias para lidar com elas de forma eficaz.

Além disso, o benefício a longo prazo para os operadores, será tanto de caráter econômico, como também em segurança operacional, de modo que com treinamento em simulador existe uma melhor possibilidade de se lidar com qualquer anormalidade e/ou emergência.

Portanto, conclui-se que os simuladores de voo representam uma ferramenta fundamental no treinamento e aprimoramento dos pilotos, permitindo que eles desenvolvam habilidades e competências necessárias para lidar com diversas situações e emergências durante o voo. Além de oferecer um ambiente seguro e controlado para treinamento, possibilitando a prática de manobras complexas, treinamento de emergência e aperfeiçoamento do gerenciamento de cabine.

REFERÊNCIAS

- BACCIOTTI, A. C. J. **Simuladores de voo e sua aplicabilidade na formação de pilotos**. 2016. 24f. Monografia (Bacharelado em Ciências Aeronáuticas) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2016.
- BACCIOTTI, Abdiel Carlos De Jesus. **Simuladores de voo e sua aplicabilidade na formação de pilotos**, 2016, Trabalho de Conclusão de Curso. UNISUL.
- BAE. Final Report AF447. *Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement*. Paris: *Bureau d'Enquêtes et d'Analyses*, 2012.
- BALADEZ, Fabio. **O passado, o presente e o futuro dos simuladores**. 2009. 12 f. TCC (Graduação) - Curso de Análise de Sistemas e Tecnologia, Fatec São Caetano do Sul, Antonio Russo, São Caetano do Sul, 2009.
- BOEING. **Resumo estatístico de acidentes com aviões comerciais a jato**. Boeing, 2012.
- BRASIL. **Ministério da Defesa**. Comando do Exército. Comando de Operações Terrestres. EB 70-CI-11.441. Caderno de Instrução Emprego da Simulação, Edição Experimental, 2020d, p. 3-1.
- BRITANNICA, T. **Simulador de voo**. Editores da Enciclopédia. Enciclopédia Britânica, 21 de julho de 2023, Disponível em: <https://www.britannica.com/technology/flight-simulator>. Acesso em: 19 de set. 2023.
- CAMPOS, José Nilson B. **Lições em modelos e simulação hidrológica**. Fortaleza: ASTEF/Expressão Gráfica, v. 1, Fortaleza, 2009.
- CIVIL AVIATION, CAE. **CAE 7000XR Series Level D Full-flight Simulator**. CAE, 2023. Disponível em: <https://www.cae.com/civil-aviation/aviation-simulation-equipment/training-equipment/full-flight-simulators/cae7000xr/>. Acesso em: 04 dez. 2023.
- CIVIL AVIATION, Cae. **Flight Training Devices**. CAE, 2023. Disponível em: <https://www.cae.com/civil-aviation/aviation-simulation-equipment/training-equipment/flight-training-devices/>. Acesso em: 04 dez. 2023.
- DUBOIS, W. E. *“Rusty Pilot Seminars”*, *Retrieved from*, 2012. Empresa. Seattle: Boeing.
- FONSECA, Matheus Muniz; MONTEIRO, Raul Francé. Simuladores de voo: a importância do seu uso para a formação do aeronauta. **Revista Brasileira de Aviação Civil e Ciências Aeronáuticas**, Florianópolis, v. 2, fev. 2022. Mensal. Disponível em: <https://rbaccia.emnuvens.com.br/revista/article/view/90>. Acesso em: 10 set. 2023.
- FORT LAUDERDALE MUSEUM, Nas. **The Link Trainer Flight Simulator**. NAS Fort Lauderdale Museum, 2023. Disponível em: <https://www.nasflmuseum.com/link-trainer.html>. Acesso em: 04 dez. 2023.

GOMES, João Victor Gandra Junqueira. **O uso de simulador de voo para o processo de ensino/aprendizagem**. Campos da Palhoça. 2019. Monografia (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2009.

SUNDAY 748. **H145 Auto-rotation landing from low altitude**. Goiânia, You Tube, 2022. 1 vídeo (00:45). Disponível em: <https://youtu.be/vid88BRgQVQ?si=PD4qIAppOcpKOaK5>. Acesso em: 4 dez. 2023.

HILSCHER, M.; BREITER, E.; KOCHAN, J. *From the Couch to the Cockpit: Psychological Considerations During High-performance Flight Training*, 2012. Retrieved January, n. 20. 2015, from <http://apstraining.com/wpcontent/uploads/Psychological-Considerations-During-High-Performance-FlightTraining-2005-Hilscher-Breiter-Kochan.pdf>. Acesso em: 04 de out. 2023.

LEMOS, Lucas Rodrigues. **A importância dos simuladores de voo no desenvolvimento e aperfeiçoamento de pilotos**, 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/13319/1/TCC%20LUCAS%20LEMONS%20PDF%205.pdf>. Acesso em: 19 de set. 2023.

LIU, Dahai *et al.* *Transfer of training*. **Human factors in simulation and training**, 2008.

MACHADO, J. E. S. **Os primórdios dos simuladores de voo**, 2016. Disponível em: <http://www2.fab.mil.br/musal/index.php/projeto-av-hist/62-projetoavhist/470-os-primordios-dos-simuladores-de-voo>. Acesso em: 01 set. 2023.

MARTIN, D., MURRAY, S. J., BATES, R. A. **Situational awareness and decision making in emergencies: the impact of surprise on pilot performance**. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. vol. 56, no. 1, p. 1057-1061, 2012.

MATSUURA, J. P. **Aplicação dos simuladores de voo no desenvolvimento e avaliação de aeronaves e periféricos**. 1995. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) - Centro Técnico Aeroespacial, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 1995.

MCGONEGLE, Chris. **Scenarios to fly in Microsoft Flight Simulator**. Sporty's, 2022. Disponível em: <https://www.sportys.com/blog/scenarios-to-try-in-microsoft-flight-simulator/>. Acesso em: 04 dez. 2023.

PANASSOL JUNIOR, J. C.; Garcia, C. M. **Voo de instrução: importância do uso de simulador de voo para a formação de piloto**, 2021. **R. bras. Av. civil. ci. Aeron.**, Florianópolis, v. 1, n. 2, mai. 2021.

PASSAGLIA, Daniel Pessoa. **As habilidades não técnicas na formação inicial de pilotos de avião**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Aeronáuticas) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, [S. l.], 2016. Disponível em: <https://liftaviation.com.br/formacao-inicial-de-pilotos-de-aviao>. Acesso em: 15 de set. 2023.

PRICE, J.; FORREST, J. **Commercial aviation aircraft operator security**. In J. Price & J. Forrest (Ed.), *Practical Aviation Security: Predicting and preventing future threats*, 2016. Doi: 10.1016/B978-0-12-804293-9.00008-4.

SANTOS, V. C.; SILVEIRA, G. A. **A efetividade dos simuladores de voo no treinamento de pilotos para tarefas processuais específicas e aquisição de habilidades.** fev. 2019. Disponível em: <https://abrapac2015.files.wordpress.com/2019/03/a-efetividade-dos-simuladores-de-voo-no-treinamento-de-pilotos-para-tarefas-processuais-especificas-e-aquisicao-de-habilidades-1.pdf>. Acesso em: 15 de set. 2023.

SANTOS, M. A. *et al.* **Conceito, configuração e aplicação de um simulador de direção no Brasil:** estudo de caso. *Transportes*, v. 25, n. 2, 2017. Disponível em: <https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1174/634>. Acesso em: 19 de set. 2023.

SCARAMUZZINO, Paolo Francesco. *Flight simulator transfer of training effectiveness in helicopter.* Disponível em: <http://repository.tudelft.nl/>. Acesso em: 04 de out. 2023.

SOCHA, V. *et al.* **Training of pilots using flight simulator and its impact on piloting precision.** In: *Proceedings of the 20 International Scientific Conference Transport Means*, 2016, Kaunas Univ. of Technology Press, Kaunas, Lituânia, 2016.



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1008 • Setor Universitário
Cidade Postal III • CEP 74065-610
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3946.1000
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Gabriel Inguanda Vello
do Curso de Administração, matrícula 2020.1.0047.0002-3,
telefone: (62) 9552-0008 e-mail gabriel212119@gmail.com, na qualidade de titular dos
direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor),
autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
A influência dos transmissores na acumulação de recursos em âmbito de g-
overnos de emergência, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5
(cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial
de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da
produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 23 de agosto de 2023.

Assinatura do(s) autor(es): Gabriel Vello

Nome completo do autor: Gabriel Inguanda Vello

Assinatura do professor-orientador: Anna Paula Berhepeche

Nome completo do professor-orientador: Anna Paula Berhepeche