

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AERONÁUTICAS



O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA NA AVIAÇÃO GERAL

Alessandro Roque Dias Júnior

GOIÂNIA
2023

ALESSANDRO ROQUE DIAS JÚNIOR

O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA NA AVIAÇÃO GERAL

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

Orientador(a):

Prof.(a) Dra. Anna Paula Bechepeche.

Banca examinadora:

Prof. Me. Raul Francé Monteiro

Prof. Esp. Francis Ferronato

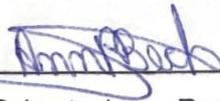
GOIÂNIA-GO

2023

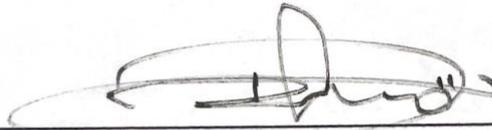
ALESSANDRO ROQUE DIAS JÚNIOR

O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA NA AVIAÇÃO GERAL

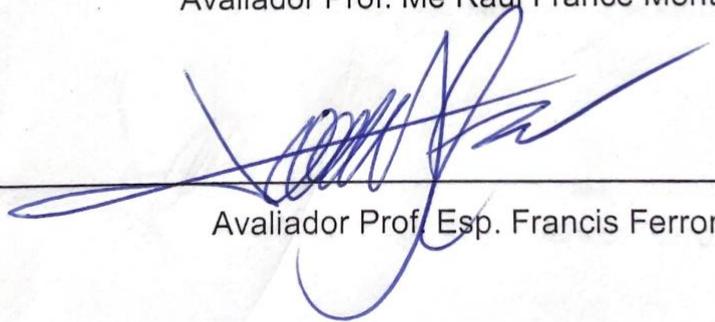
Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em sua forma final pela Escola Politécnica e de Artes da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, para obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas, em 12/12/2023.



Orientadora Prof^a Dra. Anna Paula Bechepeche



Avaliador Prof. Me Raul Francé Monteiro



Avaliador Prof. Esp. Francis Ferronato

GOIÂNIA
2023

O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA NA AVIAÇÃO GERAL

Alessandro Roque Dias Júnior¹

Anna Paula Bechepeche²

RESUMO

Até recentemente, a gestão, o controle das aeronaves e do tráfego aéreo baseavam-se quase que, exclusivamente no trabalho e na experiência humana. Afinal, como as diferentes condições climáticas e de tráfegos, a contribuição humana é crucial. Cada vez mais, empresas e aeroportos em todo o mundo começam a perceber que a Inteligência Artificial (IA) na aviação traz alguns benefícios significativos. Tarefas como planejamento de voo, gerenciamento de fluxo, voos, e avaliações de segurança podem ser, pelo menos até certo ponto, automatizadas. Assim, a pesquisa visa responder: Quais as vantagens e aplicações da IA na aeronáutica? A presente pesquisa teve como objetivo analisar o uso da IA na aviação geral. Foi utilizada a metodologia de pesquisa bibliográfica em diversas fontes, com abordagem qualitativa e fins exploratórios. Para a sustentação dos estudos, a pesquisa basear-se-á em fontes bibliográficas por meio de estudos publicados em periódicos da área da aeronáutica, documentos da ANAC e órgãos internacionais. Os resultados mostram que, a IA na aviação é um tema amplo, pois esta tecnologia pode ser usada com facilidade para apoiar o transporte aéreo, as viagens e as empresas aéreas, tanto nos céus como no solo. Portanto, a aprendizagem automática e os algoritmos preditivos, permitem às empresas fabricantes de aeronaves possam prever potenciais falhas em um avião antes que elas realmente aconteçam, o que também contribui significativamente para a economia de tempo e dinheiro. Além disso, o Air Traffic Management (ATM) alimentada pela IA proporciona maior previsibilidade e eficiência, permitindo calcular rotas ideais que ajudam companhias aéreas, empresas de transporte e aviação executiva a economizar tempo e combustível.

Palavras-chave: Aviação geral; Aplicabilidade; Inteligência Artificial; Tecnologia.

ABSTRACT

Until recently, aircraft and air traffic control management heavily relied on human work and experience due to the intricate considerations of different weather conditions and traffic dynamics where human input is crucial. Increasingly, companies and airports

¹ Acadêmico do Curso de Ciências Aeronáutica da Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

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. E-mail: abechepeche@yahoo.com.br.

worldwide are recognizing that Artificial Intelligence (AI) in aviation offers significant benefits. Tasks such as flight planning, flow management, and safety assessments can be, to some extent, automated. Thus, the research aims to answer: What are the advantages and applications of AI in aeronautics? This study aimed to analyze the use of AI in general aviation, employing a bibliographic research methodology from various sources, with a qualitative approach and exploratory purposes. To support the studies, the research draws on bibliographic sources, including studies published in aeronautics journals, ANAC documents, and international organizations. The results indicate that AI in aviation is a broad subject, as this technology can easily support air transportation, travel, and airline operations both in the skies and on the ground. Machine learning and predictive algorithms enable aircraft manufacturers to predict potential failures before they occur, significantly contributing to time and cost savings. Additionally, AI-powered Air Traffic Management (ATM) provides greater predictability and efficiency, allowing the calculation of optimal routes that help airlines, transportation companies, and executive aviation to save time and fuel.

Keywords: *General aviation; Applicability; Artificial intelligence; Technology.*

1 INTRODUÇÃO

O matemático e cientista britânico Alan Turing examinou pela primeira vez a inteligência computacional em 1950. Em um artigo chamado “*Computing Machinery and Intelligence*”, ele sugeriu usar o agora famoso 'Jogo de Imitação' para testar as capacidades sencientes de uma máquina, o que eventualmente lançou as bases para o desenvolvimento e descoberta da IA (Hespanhol, 2016).

A IA na aviação pode ser compreendida como um conjunto de avanços significativos, que busca aprimorar a segurança, a eficiência e a confiabilidade das operações aéreas, proporcionando capacidade de automação e tomada de decisões rápidas. Os avanços tecnológicos estão contribuindo para a introdução e expansão da IA na aviação de várias maneiras, como por exemplo nas melhorias em sensores, capacidade de processamento de dados, algoritmos de aprendizado de máquina mais sofisticados. Essas tecnologias permitem que as aeronaves coletem e processem grandes volumes de dados em tempo real, melhorando a eficiência operacional, a segurança e possibilitando a automação de tarefas complexas. À medida que os avanços tecnológicos continuam, a IA será cada vez mais importante no setor da aviação (Frackiewlcz, 2023).

Nas últimas décadas, a IA e os seus subconjuntos – aprendizagem automática e aprendizagem profunda deverão influenciar o futuro de muitos setores, incluindo a aviação. Nos últimos anos, encontrou uma ampla gama de aplicações na indústria, desde escala até segurança operacional e gestão de tráfego aéreo (ATM) e agora há espaço para mais. Nos últimos tempos, a tecnologia ganhou força em segmentos como manutenção inteligente, ferramentas de engenharia e prognóstico, cadeias de suprimentos, atendimento ao cliente, automatização e digitação nos cockpits. O setor está agora ansioso por encontrar mais aplicações para a IA. A indústria da aviação começou a explorar o potencial dos algoritmos de aprendizagem automática em aplicações não críticas para a segurança (Dvorsky, 2015; Pecharromán, 2018).

Diante deste contexto, a pesquisa visa responder ao seguinte questionamento: Quais as vantagens e aplicações da IA na aeronáutica?

Portanto, a pesquisa se justifica, uma vez que, a IA na aviação tem diversas aplicações, desde a redução de atrasos em voos até ao aumento da eficiência do combustível de aviação. As principais companhias aéreas já estão a criar protótipos e a testar aplicações de IA para aumentar a satisfação do cliente e melhorar o desempenho operacional (Hespanhol, 2016).

Em relação aos aspectos metodológicos, Lakatos e Marconi (2010) explicam que a metodologia é como uma ciência de métodos e a relação entre eles. É entendida como técnica, e é uma ciência da organização da pesquisa científica. O processo usado para coletar informações e dados com o objetivo de tomar decisões de negócios. A metodologia pode incluir pesquisa de publicação, entrevistas e outras técnicas de estudo, e acrescenta informações presentes e históricas.

A pesquisa será realizada sob o método de abordagem dedutivo. Uma abordagem dedutiva preocupa-se em desenvolver uma hipótese (ou hipóteses) com base na teoria existente e, em seguida, projetar uma estratégia de pesquisa para testar a hipótese. Foi afirmado que dedutivo significa raciocinar do particular para o geral. Se uma relação ou ligação causal parece estar implícita numa teoria particular ou num exemplo de caso, pode ser verdade em muitos casos. Um design dedutivo poderia testar para ver se esse relacionamento ou ligação existia em circunstâncias mais gerais (Lakatos; Marconi, 2010).

O artigo está organizado da seguinte maneira: no primeiro capítulo tem-se o conceito geral de tecnologia na aviação; o segundo capítulo trata da aplicação da inteligência artificial na aviação; no terceiro descreve os sistemas de pilotagem automática com apresentação de um sistema de assistência ao piloto utilizando inteligência artificial, seguem as considerações finais e referências.

Portanto, o objetivo deste estudo é analisar o uso da IA na aviação geral.

2 TECNOLOGIA NA AVIAÇÃO

A aviação é um campo em rápido crescimento e os avanços tecnológicos tornaram-se uma parte vital desta indústria. Os motores e sistemas de controle de aeronaves continuam a evoluir com tecnologias inovadoras para fornecer transporte seguro e confiável, tanto para tripulações quanto aos passageiros. Para que a indústria da aviação permaneça competitiva, é necessária uma investigação contínua a este respeito (Pecharromán; Veiga 2018).

Com a alta demanda por viagens aéreas, há necessidade de operar aeroportos e aeronaves de forma eficiente, com isso a IA na aviação foi implementada para melhorar significativamente a competência dos pilotos, do Controle de Tráfego Aéreo (CTA) e das operações aeroportuárias. A aplicação da IA levou a um aumento significativo na eficiência operacional, ajudando assim a poupar recursos vitais, incluindo tempo e dinheiro (Weid, 2022).

2.1 Conceito de tecnologia e sua aplicação na aviação geral

O avanço tecnológico desempenha um papel crucial na contínua melhoria da segurança na aviação. A IA não apenas impulsiona o *design* de dispositivos para aprimorar a segurança operacional (que os aviões não falhem nas suas operações), mas também fortalece a segurança física, capacitando o setor a enfrentar ameaças potenciais de maneira proativa. Desde estudos de interação homem-máquina até estratégias de cibersegurança, a presença da IA se estende por toda a cadeia de valor da aviação, incluindo a utilização de Big Data para monitorar e identificar possíveis ameaças em aeroportos e aeronaves. Essa integração estratégica da IA reforça a

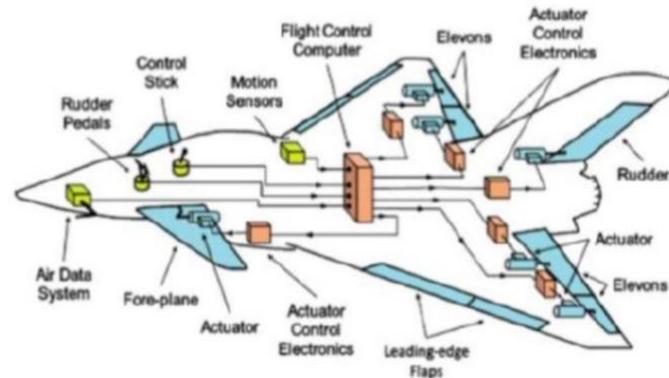
posição da aviação como um dos meios de transporte mais seguros, preparando-o para os desafios presentes e futuros. (Ferreira; Neres Junior, 2020).

O setor da aviação, sendo um alvo conhecido de grupos terroristas internacionais, destaca a importância crucial da cibersegurança. À medida que a tecnologia de rede se aprimora a cada dia, proteger dados e redes críticos torna-se imperativo. Sistemas cruciais, como controle de voo, comunicações e navegação, dependem de redes seguras para mitigar ameaças cibernéticas. Estratégias fundamentais, como criptografia de dados, firewalls robustos e monitoramento constante, são essenciais para garantir a integridade das informações e prevenir acessos não autorizados, evitando potenciais comprometimentos na segurança operacional (AviationCyber, 2022).

De acordo com os autores acima citados “[...] a revolução tecnológica pode ser definida como aquela na qual há, concomitantemente, um conjunto de avanços disruptivos inter-relacionados, que formam uma constelação de tecnologias interdependentes, isto é, um cluster de clusters” (Ferreira; Neres Junior, 2020, p. 7). A tecnologia aeronáutica do futuro será fundamentalmente baseada na sustentabilidade, rentabilidade, versatilidade, melhoria de serviços e digitalização e tecnologias de rede (Viana, 2020).

As tecnologias de rede desempenham um papel fundamental na indústria da aeronáutica, pois permitem a integração em três níveis diferentes, a saber. Como parte do produto, redes avançadas de fibra óptica propiciam a inclusão de sistemas de controle de aeronaves, chamados *fly-by-light*. Ao nível do processo de produção de aeronaves, novas tecnologias de rede proporciona a inserção do ambiente fabril nas cadeias de abastecimento globais (Rodriguez, 2014).

Figura 1: Sistema de Fly by Light



Fonte: ResearchGate, 2020

Finalmente, ao nível dos “sistemas de sistemas”, destaca-se a ampliação do ambiente de voo, através de novos sistemas de controle aéreo ou, no domínio militar, sistemas de guerra centrados em redes. Ambos utilizam tecnologia de transmissão de dados em tempo real (*data link*), dado que estas tecnologias de rede ocupam hoje uma posição essencial e cada vez mais importante no setor da aviação, o desempenho e a segurança da rede (cibersegurança) são os dois pré-requisitos fundamentais para o futuro desenvolvimento desta tecnologia. (Ferreira; Neres Junior, 2020).

Os avanços tecnológicos têm sido peças-chave na disseminação da Inteligência Artificial na aviação. Com o aumento do poder computacional, sistemas complexos de IA podem agora ser implementados em tempo real. A explosão de dados na aviação, combinada com técnicas avançadas de análise, oferece insights valiosos para melhorar a eficiência e a segurança. Sensores inteligentes e a Internet das Coisas (IoT) fornecem uma riqueza de dados em tempo real, e algoritmos de machine learning e aprendizado profundo capacitam a IA a reconhecer padrões complexos. A autonomia em aeronaves, como drones, é impulsionada pela IA, enquanto ambientes de simulação avançada permitem o treinamento sofisticado de pilotos. Em conjunto, esses avanços estão transformando a aviação, elevando a eficácia operacional e segurança a patamares inéditos (IGOR, 2023).

Serão necessários meios de produção avançados para serem preparados a taxas de produtividade nunca antes vistas. Assim, atualmente a maioria dos projetos

a nível internacional e nacional segue linhas de investigação claras: (Hespanhol, 2016).

- Desenvolver autonomia (inteligência artificial) de voo e otimização de trajetória: desde a redução da carga do piloto, operação *single pilot* (piloto único), até veículos tripulados remotamente.
- Orientados para a descarbonização, desde aviões elétricos a híbridos ou com combustíveis de emissão zero.
- A utilização de materiais avançados para reduzir o peso e melhorar o desempenho, sem esquecer novos processos de produção como a impressão 3D ou a fabricação aditiva.
- Digitalização de design, fabricação e serviços (Hespanhol, 2016).

A tendência da investigação coloca as aeronaves como elementos-chave da mobilidade futura, que tenderá para a intermodalidade, de modo que dependendo das circunstâncias, diferentes meios de transporte serão combinados para obter os resultados mais eficientes em termos de custos e impacto ambiental (Rodriguez, 2014). Nesse sentido, é muito possível que vejamos aeronaves cumprindo missões nas quais até agora desempenharam um papel menor, como a mobilidade aérea urbana, em que existem múltiplos projetos a nível internacional para desenvolver 'táxis aéreos' com ou sem piloto, competitivo em custo com suas alternativas terrestres e com zero emissões - maioria dos projetos utilizam propulsão elétrica (Ferreira; Neres Junior, 2020).

O e-vetol é um exemplo de tecnologia avançada que funciona através de eletricidade e realiza decolagens e pousos na vertical. Esse veículo tenderá no transporte aéreo futuro sendo capaz de revolucionar a mobilidade urbana. Do ponto de vista tecnológico, a principal questão está relacionada às baterias dos veículos. No entanto, o eVTOL são concebidos para deslocamentos de curta distância dentro da mesma cidade ou entre cidades próximas. Dentre o uso do eVTOL incluem: táxi Aéreo, assistência médica, delivery, uso militar. O envolvimento humano no conceito do fabricante será voltado para funções de supervisão, semelhantes às encontradas em controle de tráfego aéreo ou centros de controle de sistemas de metrô com operação automatizada (Saori, 2021).

Esta cooperação é essencial num mercado com crescimento exponencial, o tráfego aéreo duplica aproximadamente a cada 15 anos, e altamente competitivo, o que obriga a ser cada vez mais competentes, procurando a excelência a nível mundial e estabelecendo colaborações com quem oferece soluções mais inovadoras tanto na chamada de inovação incremental e na disruptiva (Ricco, 2015; Hespanhol, 2016).

Para atender a essas demandas tecnológicas, revolucionários graus de melhorias no desempenho das aeronaves, muito além da tecnologia atual, devem ser alcançados. Em termos de Sistema de controle de tráfego e o Espaço Aéreo Nacional, mantendo seguro e eficiente às operações, é um processo contínuo e crescente. De acordo com Weid (2022) a indústria da aeronáutica é um setor que abrange empresas públicas e privadas cujas atividades abrangem desenvolvimento, produção, manutenção e comercialização de aeronaves (aeroplano ou helicóptero) e seus componentes (sistemas de aeronáutica). Os produtos deste setor caracterizam-se por um elevado conteúdo tecnológico, bem como por um alto valor agregado. A indústria aeronáutica faz parte de um setor maior, - a indústria aeroespacial, que acrescenta também o avanço de tecnologias relacionadas com foguetes, satélites, etc.

Esses avanços podem criar um ambiente melhor para os passageiros e impulsionar o negócio da aviação. A indústria da aviação está em constante evolução à medida que surgem novas tecnologias e ideias para melhorar a experiência geral de voo. Estes crescimentos beneficiam todos os envolvidos nesta área da aviação, por isso, este setor precisa perceber que os avanços tecnológicos são úteis para eles e farão à diferença (Ricco, 2015).

Assim, como Weid (2022, p. 10) descreve que, é também importante realçar que a indústria da aviação é altamente dependente de tecnologias avançadas e tem fortes repercussões que se estendem não só às suas tecnologias centrais, mas também a toda uma gama de tecnologias com características transversais que, vão muito além da aeronáutica, como exemplo, a indústria automotiva, Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e muitas outras.

Portanto, a revolução tecnológica desempenha um papel fundamental na melhoria da segurança, proteção, eficiência, sustentabilidade ambiental e facilitação. Amplia os benefícios da aviação civil para a sociedade e empresas além dos usuários tradicionais do transporte aéreo. Os governos devem apoiar a inovação e torná-la parte dos seus Planos de Desenvolvimento Nacional, ao mesmo tempo em que,

abordam quaisquer desafios e riscos com medidas adequadas, políticas e regulamentos (Ricco, 2015). exemplo da tecnologia aplicada à aviação está no próximo item.

2.2 Contribuição e os diferentes tipos de IA na aviação

A inteligência artificial é uma tecnologia bastante importante na aviação, pois se trata de computadores inteligentes capazes de realizar voos, resolverem problemas e tomar decisões de forma autônoma. Dessa forma, para garantir que a aviação se torne cada vez mais segura e moderna, empresas estão adotando inúmeras IAs em suas aeronaves, como, por exemplo, o uso do sistema de navegação autônoma, sistemas de detecção e prevenção de colisões, treinamentos de simuladores avançados. Esses são poucos exemplos que a IA proporciona à aviação geral (AEROFLAP, 2020).

Dentre todos esses, o sistema de *Safe Return*³ apresenta diversos fatores benéficos à aviação nos dias atuais, onde exemplos serão expostos a seguir: (AEROFLAP,2020):

- Grande relevância: Por garantir que a aeronave retorne ao solo de forma segura em caso de anormalidades. Dessa maneira, afeta diretamente os tripulantes e passageiros.
- Complexidade: É um sistema de complexibilidade e várias aplicações, incluindo treinamentos de pilotos, respostas a emergências, projetos das aeronaves, tráfego aéreo, e o controle do espaço aéreo.
- Inovação: Como é uma tecnologia nova no mercado, pouco explorada até então, recebendo certificação recentemente da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) para o uso no espaço aéreo.
- Fatores humanos: Se refere a um sistema que envolve o fator humano, onde inclui a tomada de decisão, a coordenação da tripulação e o comportamento dos passageiros durante uma possível emergência.

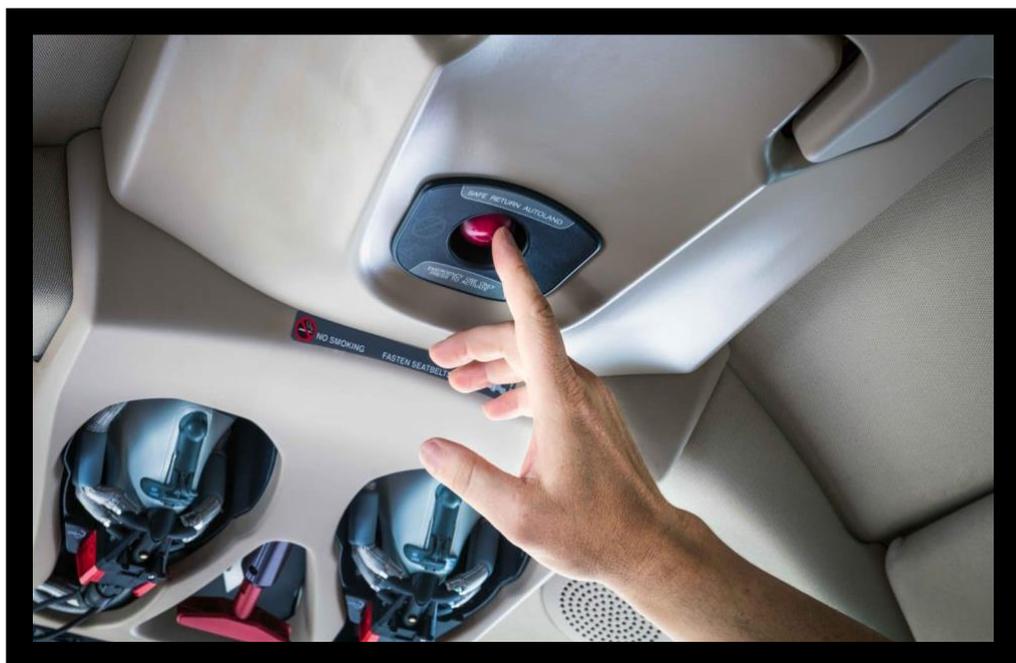
³ Safe Return é um sistema de IA que oferece um próximo passo em direção ao voo autônomo, trazendo um novo nível de confiança à experiência geral de voo, proporcionando o mais alto nível de segurança e controle aos passageiros e já estão operando em algumas aeronaves, como exemplo: Cirrus Vision Jet e o PIPER M600 que estabelecem um novo padrão em viagens (Larenas, 2019).

- Aplicação: É uma tecnologia importante, pouco explorada e recém no mercado que pode salvar a vida de muitas pessoas em um voo em caso de incapacidade do piloto, emergência ou citações de cenários adversos, entre outras.
- Melhorias contínuas: Por ser um sistema de emergência de forma autônoma, estará sujeito a melhoria contínua nos padrões de segurança, constantes atualizações, etc.

2.3 Certificação do sistema *Safe Return*

O Safe return é um sistema revolucionário habilitado pela tecnologia *autoland* de emergência da garmin que permite que o passageiro pouse a aeronave com apenas o toque de um botão. A certificação segue o tremendo crescimento do vision jet, fornecendo a solução de segurança total mais abrangente e indispensável na aviação geral. Essa tecnologia, pode elevar ao máximo a experiência e a confiabilidade tanto dos passageiros quanto dos pilotos, alavancando em direção a voos autônomos (Garmin, 2020).

Figura 2 – Localização do botão do “Safe Return” na aeronave.



Fonte: AEROFLAP, 2020

Uma vez ativado, ao apertar o botão, o *Safe Return* assume o controle da aeronave e a transforma em um veículo autônomo que navega até o aeroporto mais próximo. Este sistema se comunica com o controle de tráfego aéreo, pousa e traz a aeronave de volta com segurança até a parada completa. E, utiliza todos os dados disponíveis da aeronave para calcular um plano de voo, evitar condições meteorológicas ruins, iniciar uma aproximação e completar um pouso totalmente autônomo, sem intervenção do piloto ou passageiro. Além disso, tem sua operação apenas em aeródromos que opera instrumento *Instrument Flight Rules* (IFR), pois depende de equipamentos de solo, como por exemplo o Instrument landing system (ILS), para operar com precisão e segurança em situação de emergência. (AEROFLAP, 2020).

Além do mais, a cabine de comando da aeronave fornece várias informações visuais e auditivas aos passageiros, incluindo localização atual, combustível restante, aeroporto de chegada e horário estimado de chegada. O retorno seguro pode ser desativado pelo piloto de forma rápida e fácil, onde com um simples toque no botão de desconexão do piloto automático no manche, caso um passageiro ative o sistema de forma precipitada (AEROFLAP, 2020).

A ANAC no Brasil aprovou o uso do sistema de pouso automático de emergência *Safe Return* da Cirrus Aircraft no espaço aéreo brasileiro. A aprovação vem com o aval do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). O Retorno Seguro pode ser acionado por qualquer pessoa no avião caso o piloto fique incapacitado. Se a tripulação ou os passageiros não conseguirem ativar, o Retorno Seguro será ativado automaticamente após um determinado período de inatividade do piloto (Thurber, 2023).

O sistema de *Safe Return*, permitirá que o próprio piloto o acione em caso de incapacidade ou estiver enfrentando alguma situação crítica, como, por exemplo, uma condição meteorológica de mal tempo que causa desorientação espacial ou outras situações de negligência (AEROFLAP, 2020).

As vantagens do sistema de *Safe Return* é que quando ativado, a IA se orienta e controla o avião em direção ao aeroporto adequado mais próximo e mostra um mapa em movimento em cada tela principal com o trajeto que o avião está seguindo para chegar ao aeródromo selecionado. Ele transmite uma mensagem de

rádio de emergência nas frequências apropriadas e redefine o transponder para o código de emergência 7700 automaticamente (Garmin, 2020).

Estas mensagens de rádio não apenas alertam as autoridades sobre o que está acontecendo, mas também adverte os pilotos que voam na área que uma emergência está em curso. Para desacelerar o avião à medida que ele se aproxima do aeroporto, o *Safe Return* reduz a potência, entra em espera, se necessário, e então faz a aproximação por instrumentos para a pista, baixando o trem de pouso e os *flaps* no momento correto. Logo acima da pista, o *Safe Return* reduz toda a potência e alinha o avião com a *center-line* (linha central), depois pousa aeronave e aplica os freios até parar com segurança. Com a aeronave parada a IA desliga todos os motores destrava a porta para o desembarque de todos (Thurber, 2023). Na próxima sessão, será tratada a aplicação da IA na aviação.

3 APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA AVIAÇÃO

A IA e a digitalização são fatores de mudança na aviação, como em todos os outros setores. O uso de tecnologias de IA e digitalização permite mais segurança, adaptabilidade, otimização, eficiência, capacidade e mais apoio a todas as partes interessadas da aviação. A IA e a digitalização terão um impacto profundo nas competências dos profissionais da aviação, e é essencial que todo o setor da aviação se prepare para esta mudança significativa. Serão necessários padrões e regulamentos ⁴novos ou atualizados para permitir a aplicação de tecnologias de IA. Em particular, novos conceitos de certificação, qualificação e dados são indispensáveis no contexto da implantação da IA (Hespanhol, 2016).

3.1 Benefícios da IA na aviação aeronáutica

⁴ Nota Técnica nº 16/2023/CGTP/ANPD Assunto: Sugestões de incidência legislativa em projetos de lei sobre a regulação da Inteligência Artificial no Brasil, com foco no PL nº 2338/2023. O relatório final da Comissão deu origem ao Projeto de Lei nº 2338/2023, apresentado pelo Senador Rodrigo Pacheco, que surgiu como um marco significativo na trajetória de regulação da IA no Brasil, com o objetivo de proteger direitos fundamentais e garantir a implementação de sistemas seguros e confiáveis, em benefício da pessoa humana, do regime democrático e do desenvolvimento científico e tecnológico

A IA surgiu na década de 1950, eram simples computadores usados para calcular algoritmos. Hoje tem-se uma IA tão avançada que, pode-se administrar negócios e concluir serviços sem precisar de pessoas no local. Assim, é apresentado como a indústria da aviação que utiliza a IA, desde os aeroportos até aos céus. Um sistema de IA controla funções de *software* criadas por aprendizado de máquina, ou seja, está supervisionando ou executando funções específicas usando *software* que aprendeu a praticar, através do treinamento de máquina, o qual é um processo que utiliza desse sistema para tomar decisão, realizar tarefas sem que seja programada para executar ações. Tudo isso se faz por meio do uso de algoritmos que analisa dados (Hespanhol, 2016; IATA, 2018).

A manutenção de aeronaves alimentadas por IA é uma área de interesse crucial na indústria da aviação porque tem o potencial de melhorar significativamente a segurança e a confiabilidade das aeronaves, ao mesmo tempo em que, reduz custos e minimiza o tempo de inatividade. Ao analisar grandes quantidades de dados de sensores e outras fontes, os algoritmos podem prever falhas de equipamentos e programar a manutenção antes que um problema ocorra. Isto pode ajudar as companhias aéreas a minimizarem o tempo de inatividade e reduzir os custos de manutenção. Além disso, a manutenção preditiva alimentada por IA pode melhorar a segurança, detectando potenciais problemas antes que possam causar danos aos passageiros ou à tripulação. Isto pode levar a menos cancelamentos e atrasos de voos e a uma experiência mais positiva para os passageiros (Hespanhol, 2016).

Um dos principais benefícios do uso de IA na manutenção de aeronaves é a capacidade de melhorar a manutenção preditiva. A manutenção preditiva envolve a análise de dados de diversas fontes, como sensores, dados de voo e registros de revisão, para prever quando o equipamento provavelmente falhará e programar a verificação de forma proativa antes que ela se torne problemática. Ao usar algoritmos para investigar esses dados, as equipes de manutenção podem obter uma compreensão mais precisa da integridade dos componentes da aeronave e antecipar problemas antes que eles ocorram (IATA, 2018).

Os algoritmos podem explorar grandes volumes de dados e detectar padrões que podem não ser visíveis aos humanos, permitindo previsões mais precisas de quando a manutenção é necessária. Por exemplo, um algoritmo de IA pode detectar

mudanças sutis nos padrões de vibração que indicam um possível problema com um motor, permitindo que as equipes responsáveis programem a vistoria antes que ocorra uma falha (Hespanhol, 2016).

3.2 Impacto nas competências dos profissionais da aviação

A indústria da aviação tem registrado desenvolvimentos notáveis nos últimos anos e a IA tem sido uma das tecnologias mais transformadoras que surgiram. Está revolucionando a forma como as empresas aéreas operam, simplificando as operações, aumentando a segurança e melhorando a eficiência. Embora esta revolução tecnológica apresente oportunidades estimulantes, também levanta preocupações sobre a deslocação de alguns empregos na indústria. Neste item, serão exploradas as principais áreas em que a IA está preparada para substituir as funções tradicionais na aviação e o impacto potencial na força de trabalho (IATA, 2018).

Os sistemas orientados por IA estão cada vez mais assumindo tarefas nas operações de aeronaves. Sistemas avançados de piloto automático, por exemplo, podem lidar com manobras de voo rotineiras, reduzindo a necessidade de intervenção constante do piloto durante as fases padrão do voo. No futuro, poderá potencialmente evoluir para aeronaves autônomas, podendo eliminar completamente a necessidade de pilotos tradicionais em determinados cenários (Hespanhol, 2016).

Embora a automação total possa não substituir inteiramente os pilotos, poderá levar a uma mudança no papel dele no sentido da monitorização e intervenção do sistema durante situações críticas. A procura de competências especializadas na supervisão de sistemas de IA pode aumentar, enquanto os empregos tradicionais de pilotagem podem diminuir (IATA, 2018).

A crescente integração de sistemas de IA na aviação moderna tem proporcionado benefícios consideráveis em termos de eficiência e segurança. No entanto, esse avanço tecnológico não está isento de desafios. Pilotos, acostumados a operar aeronaves com a assistência desses sistemas, podem enfrentar dificuldades em manter habilidades de tomada de decisão afiadas em situações que exigem intervenção manual imediata. A dependência excessiva do piloto automático pode criar uma lacuna nas habilidades cognitivas e na prontidão para reações rápidas,

destacando a importância de treinamento contínuo e estratégias para preservar a proficiência dos pilotos diante da evolução tecnológica na aviação (Franco, 2023).

A IA está revolucionando a gestão do tráfego aéreo ao otimizar as rotas de voo, reduzir o congestionamento e aumentar a segurança. Algoritmos avançados podem otimizar a utilização do espaço aéreo, levando a rotas mais eficientes e economia de combustível. À medida que os sistemas de gestão de tráfego aéreo baseados em IA se tornam mais predominantes, as funções tradicionais no controle de tráfego aéreo podem evoluir para a supervisão de sistemas para o tratamento de cenários complexos que requerem tomada de decisão humana (IATA, 2018).

Chatbots e assistentes virtuais com tecnologia de IA estão sendo empregados pelas empresas aéreas para lidar com dúvidas de clientes, processos de reserva e serviços de suporte. Esses sistemas de IA podem lidar com eficiência com interações rotineiras com os clientes, economizando tempo e recursos. As funções de atendimento ao cliente poderão sofrer uma redução nas tarefas rotineiras, mas os agentes humanos continuarão a ser essenciais para lidar com questões complexas e sensíveis dos clientes, uma vez que a IA não consegue replicar totalmente a empatia e a compreensão humanas (Franco, 2023).

Análise de Dados Meteorológico faz a utilização de algoritmos de IA para analisar grandes conjuntos de dados meteorológicos, auxiliando na previsão de condições climáticas adversas e permitindo planejamento operacional mais eficiente (Marcela, 2023).

Aeroportos Inteligentes que faz a utilização de IA para otimizar operações aeroportuárias, incluindo o gerenciamento de fluxo de passageiros, segurança, manutenção de pistas e programação de voos (Liddel, 2023))

No domínio das operações de carga e armazém, os robôs habilitados para IA estão agilizando a movimentação e o armazenamento de mercadorias. Drones alimentados por IA também estão sendo explorados para entregas até mesmo de comidas, potencialmente substituindo certas funções de motorista de entrega. Embora a IA e a automação possam otimizar os processos de movimentação de carga, ainda serão necessários operadores humanos para supervisionar e manter estes sistemas. Além disso, novas oportunidades de emprego podem surgir em operações de drones e gestão logística (IATA, 2018).

Portanto, a indústria da aviação está à beira de uma transformação significativa, com a IA a impulsionar a inovação e a eficiência em vários setores. Embora tenha potencial para substituir determinados empregos, é crucial encarar esta mudança como uma oportunidade para a melhoria das competências e a reciclagem da força de trabalho. À medida que a indústria adota a IA, surgirão novas funções que exigirão conhecimentos especializados na implementação, supervisão e gestão desta. Ao adaptar-se proativamente a estas modificações e investir no desenvolvimento dos colaboradores, a indústria da aviação pode garantir uma transição suave e bem-sucedida para a era da IA (Weid, 2022).

4 SISTEMAS DE PILOTAGEM AUTOMÁTICA

Os primeiros pilotos automáticos não podiam fazer mais do que manter uma aeronave em voo reto e nivelado, controlando os movimentos de inclinação, guinada e rotação; e ainda são usados com mais frequência para substituir o piloto durante rotina de cruzeiros. Os pilotos automáticos modernos podem, no entanto, executar manobras ou planos de voo complexos, colocar aeronaves em rotas de aproximação e pouso ou permitir o controle de aeronaves inerentemente instáveis (como algumas aeronaves supersônicas) e daquelas capazes de decolagem e pouso vertical. Pilotos automáticos também são usados para dirigir navios de superfície, submarinos, torpedos, mísseis, foguetes e naves espaciais (Portilho; Bukzem, 2015).

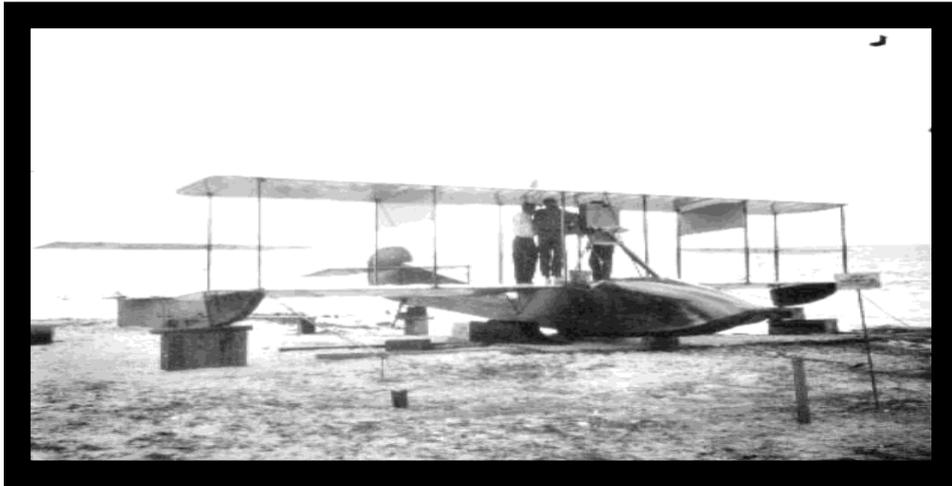
4.1 Evolução dos sistemas de pilotagem automática

Desenvolvido pela Sperry Corporation, o *design* giroscópico foi o primeiro piloto automático de sucesso. Lançado em 1912, incorporou um indicador de rumo giroscópico e anexou um indicador de atitude a elevadores operados hidraulicamente e a um leme. Ele utilizou as informações de vários outros instrumentos para permitir que uma aeronave mantivesse automaticamente o rumo e a altitude desejados da bússola. Simplificando, permitiu que o avião voasse nivelado e reto ao longo de uma determinada trajetória, ao mesmo tempo que reduzia a carga de trabalho do piloto, resultando em um voo mais seguro. Lawrence Sperry demonstrou o piloto automático na França, em junho de 1914. A tecnologia foi amplamente aceita, pois, a família

Sperry era conhecida por ter uma credibilidade impecável, tanto que Elmer Sperry (filho de Lawrence) optou por continuar trabalhando em seu desenvolvimento após a guerra (Takamoto, 2019).

Em 1914, o piloto automático foi demonstrado pela primeira vez (Borges, 2017). Era necessária uma concentração incansável para pilotar as primeiras aeronaves e, portanto, tempos de voo mais longos eram cansativos – às vezes até fatais. A procura de uma tecnologia para aliviar a pressão da pilotagem foi crucial. Como resultado, o piloto automático foi desenvolvido para introduzir um elemento de controle na trajetória dos aviões. Permitindo que o piloto se concentre em aspectos mais amplos do voo, o piloto automático auxilia no controle da aeronave enquanto o piloto cuida dos aspectos que requerem julgamento (Takamoto, 2019).

Figura 3- O primeiro piloto automático foi testado neste hidroavião Curtiss, França, 1914.



Fonte: Wikipédia, 2018

O desenvolvimento do piloto automático no pós-guerra viu a introdução de uma tecnologia conhecida como 'assistente do piloto'. Ao contrário do projeto giroscópico inicial, o assistente do piloto usava um giroscópio girado pneumáticamente para mover os controles de voo. A tecnologia foi introduzida pelo Royal Aircraft Establishment no Reino Unido em 1930. Desenvolvimentos adicionais dos primeiros projetos de piloto automático incluíram algoritmos de controle e servomecanismos hidráulicos aprimorados. A adição de instrumentos cada vez mais

complexos também passou a permitir voos em condições mais difíceis, como mau tempo e à noite (Takamoto, 2019).

O moderno piloto automático conhecido pelos aviadores foi introduzido em meados do século XX. Ao contrário da crença popular, nem todas as aeronaves de passageiros dos dias modernos incorporam um sistema de piloto automático. Aviões comerciais menores e mais antigos ainda voam manualmente em voos de curta duração, pois a necessidade da tecnologia é obsoleta. Um avião comercial deve conter 20 ou mais assentos para garantir a instalação do piloto automático. Existem três níveis de controle no piloto automático moderno (Silva, 2021):

- Um piloto automático de eixo único controla uma aeronave apenas no eixo de rotação;
- Um piloto automático de dois eixos controla uma aeronave no eixo de inclinação, bem como rolagem, capacidade limitada de correção de oscilação de inclinação. Ele pode receber informações de sistemas de radionavegação a bordo para fornecer orientação de voo verdadeiramente automática, desde que a aeronave decole até pouco antes do pouso; ou suas capacidades podem estar em algum lugar entre esses dois extremos;
- Um piloto automático de três eixos adiciona controle no eixo de guinada e não é necessário em muitas aeronaves pequenas.

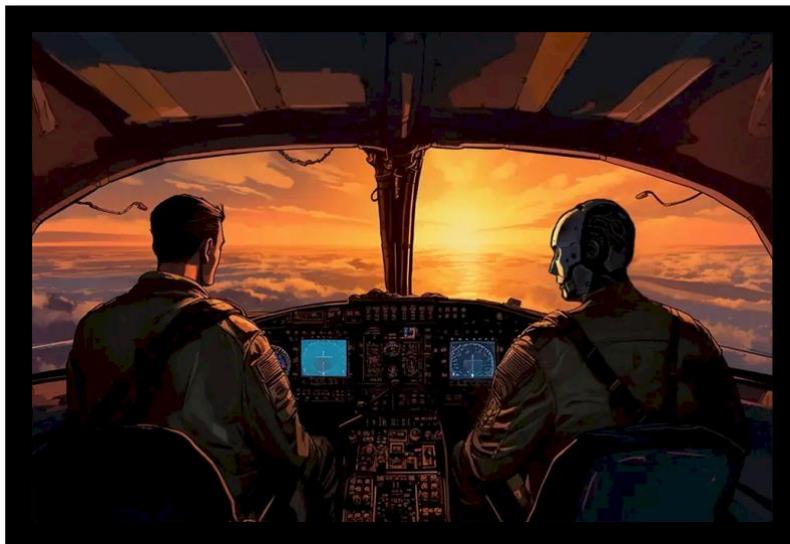
Esses três níveis de controle estão intensificando o grau de controle do veículo. Geralmente, apenas o piloto automático de três eixos é usado nas aeronaves mais modernas e complexas. Ao contrário do piloto automático histórico, a tecnologia moderna abrange *software* de computador para controlar muitos aspectos do avião. O processo de voo pode ser dividido em sete etapas cruciais: fases de táxi, decolagem, subida, cruzeiro, descida, aproximação e pouso. Até recentemente, o piloto automático moderno usando tecnologia de computador era capaz de automatizar todas essas etapas, exceto táxi e decolagem. No entanto, em 16 de janeiro de 2020, a Airbus realizou com sucesso a primeira decolagem totalmente automática baseada em visão usando uma aeronave de teste da Família Airbus no aeroporto de Toulouse-Blagnac. A tecnologia avançada da aeronave foi totalmente manipulada e o piloto pôde aproveitá-la (Silva, 2021).

Em 2020, a Airbus realizou a primeira decolagem automática. Uma das maiores invenções históricas da aviação percorreu um longo caminho no último século. Passaram-se apenas nove anos entre o primeiro voo motorizado no folheto Wright e a introdução do piloto automático. A necessidade da tecnologia surgiu com a contínua sofisticação dos aviões, levando à capacidade de realizar voos mais longos (Portilho; Bukzem, 2015).

4.2 Casos de sucesso de sistemas de assistência ao piloto utilizando inteligência artificial

Desenvolvido para assegurar os céus de maneira mais segura, o "Air-Guardian" combina a intuição humana com a precisão das máquinas, estabelecendo uma relação simbiótica entre o piloto e a aeronave. Criado por especialistas do Laboratório de Ciência da Computação e Inteligência Artificial do MIT (CSAIL), o sistema Air-Guardian emprega o rastreamento ocular para os humanos e, para o sistema neural, utiliza "mapas de saliência". Esses mapas atuam como orientadores visuais, destacando áreas-chave em uma imagem, auxiliando na compreensão e decodificação do comportamento de algoritmos complexos. O Air-Guardian identifica precocemente sinais de possíveis riscos por meio desses marcadores de atenção, diferenciando-se da intervenção somente durante violações de segurança, como ocorre nos sistemas tradicionais de piloto automático (Gordon, 2023).

Figura 4: Ilustração da IA Air-Guardian operando juntamente com o homem



Fonte: Terra rara, 2023

As implicações abrangentes desse sistema se estendem além da aviação. Mecanismos de controle cooperativo semelhantes têm potencial para serem empregados em veículos, drones e uma variedade mais ampla de aplicações robóticas. Uma característica notável desse método é sua diferenciabilidade. Tanto a camada cooperativa quanto todo o processo podem ser treinados. Opta-se especificamente pelo modelo de rede neural causal de profundidade contínua devido às suas capacidades dinâmicas na representação de atenção. Outro ponto distintivo é a adaptabilidade. O sistema Air-Guardian não é inflexível; pode ser ajustado conforme as exigências da situação, mantendo uma parceria equilibrada entre humano e máquina (Gordon, 2023).

Nos testes de campo, tanto o piloto quanto o sistema tomaram decisões com base nas mesmas imagens brutas ao navegar até o *waypoint* alvo. O sucesso do Air-Guardian foi avaliado com base nas recompensas acumuladas obtidas durante o voo e no caminho mais curto até o *waypoint*. O guardião reduziu o nível de risco dos voos e aumentou a taxa de sucesso na navegação até os pontos-alvo. Este sistema representa a abordagem inovadora da aviação habilitada para IA centrada no ser humano. Com o uso de redes neurais líquidas fornece uma abordagem dinâmica e adaptativa, garantindo que a IA não apenas substitua o julgamento humano, mas o complemente, levando a maior segurança e colaboração nos céus, sendo um caso de sucesso (Gordon, 2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve como objetivo geral analisar o uso da IA na aviação geral, mostrou que devido ao elevado ritmo das mudanças tecnológicas, a indústria da aviação deve adaptar-se constantemente para acompanhar os concorrentes. As principais áreas que estão sendo abordadas incluem capacidade aeroportuária, eficiência das aeronaves, segurança, inovação. Essas áreas podem torná-la uma das indústrias mais progressistas e com demanda. A investigação, a inovação e o desenvolvimento trazem novas tecnologias para o setor da aviação.

Ficou evidente que na indústria da aviação, a IA tem o potencial de revolucionar vários aspectos das viagens aéreas, desde a otimização das rotas de voo e a melhoria da gestão do tráfego aéreo, até à melhoria da experiência dos passageiros e à redução dos custos de manutenção. Os algoritmos podem analisar grandes quantidades de dados de diversas fontes, como sensores e dados de voo, para identificar padrões, prever falhas de equipamentos e detectar perigos potenciais em tempo real. Ao aproveitar deste, a indústria da aviação pode melhorar a segurança, a eficiência e o desempenho geral, ao mesmo tempo que, reduz custos e melhora a experiência dos passageiros.

Os sistemas de manutenção preditiva alimentados por IA estão se tornando predominantes na indústria da aviação. Esses sistemas podem analisar grandes quantidades de dados de sensores de aeronaves para prever possíveis falhas e requisitos de manutenção. Ao identificar problemas de forma proativa, a aviação geral pode reduzir o dispendioso tempo de inatividade e melhorar a eficiência da frota. As equipes de manutenção poderão observar uma mudança do trabalho de reparo reativo para tarefas de manutenção mais proativas. Técnicos qualificados com experiência em diagnósticos baseados em IA e análises de manutenção serão muito procurados.

O avanço do piloto automático de um instrumento baseado em giroscópio para computadores modernos que são capazes de manipular as fases do voo é uma transição que muitos admiram. Em pouco mais de 100 anos, as capacidades da tecnologia permitiram aliviar as pressões dos pilotos, a fim de continuar a melhorar a segurança do voo.

Um exemplo de sistema de IA mencionado na pesquisa foi o *Safe Return*, que além de ser usado para emergência em situações de incapacidade do piloto, também pode ser utilizado em caso de desorientação e momentos críticos do voo.

O exemplo apresentado na pesquisa mostra que à medida que os pilotos modernos enfrentam um ataque violento de informações de vários monitores, especialmente durante momentos críticos, o Air-Guardian atua como um copiloto proativo; uma parceria entre humano e máquina, enraizada na compreensão da atenção

Como sugestões futuras, será benéfico explorar cada vez mais o desenvolvimento de sistemas de IA na aviação, buscando o aperfeiçoamento da segurança de voo, eficiência das aeronaves, desenvolvimento na formação de pilotos materiais inovadores e manutenção preditiva através de implementação de tecnologias emergentes, como *machine learning* avançado. Para isso, é importante desenvolver sistemas de IA mais confiáveis, robustos e seguros, promovendo a cooperação entre profissionais da indústria e pesquisadores.

REFERÊNCIAS

AEROFLAP. **Cirrus Vision Jet recebe certificação FAA para sistema Safe Return**. 2020. Disponível em: <https://www.aeroflap.com.br/en/cirrus-vision-jet-receives-FAA-certification-for-safe-return-system/> Acesso em: 1 out. 2023.

“**Air-Guardian**” do MIT – Copiloto com Inteligência Artificial aprimora a precisão humana para céus mais seguros – Terra Rara. Disponível em: <https://terrarara.com.br/voo-autonomo/air-guardian-do-mit-copiloto-com-inteligencia-artificial-aprimora-a-precisao-humana-para-ceus-mais-seguros/>. Acesso em: 4 dez. 2023.

ANPD. **Autoridade Nacional de Proteção de Dados**. Sugestões de incidência legislativa em projetos de lei sobre a regulação da Inteligência Artificial no Brasil, com foco no PL nº 2338/2023. https://www.gov.br/anpd/pt-br/assuntos/noticias/Nota_Tecnica_16ANPDIA.pdf

Aviation Cyber Security Strategy. Disponível em: https://www.airline-cybersecurity.ch/Aviation_Cyber_Security_Strategy.html.

BUTTON, M.; WHITTAKER, J. Exploring the voluntary response to cyber-fraud: From vigilantism to responsabilisation. *International Journal of Law, Crime and Justice*, Elsevier, v. 66, p. 100482, 2021. Citado 3 vezes nas páginas 26, 31 e 32

CIRRUS VISION JET CERTIFICADO PELO FAA COM O SAFE RETURN - Plane Aviaton. Disponível em: <<https://www.planeaviation.net.br/cirrus-vision-jet-certificado-pelo-faa-com-o-safe-return/>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

DVORSKY, G. **Inteligência artificial não é a solução para prevenir desastres aéreos.** 2015.

FERREIRA, M. J. B; NERES JUNIOR, C. P. **Uma avaliação dos impactos da Indústria 4.0 sobre o setor aeronáutico** *Rev. Bras. Inov., Campi. nas (SP)*, 19, e0200019, p. 1-31, 2020.

FRANCO, S. **IA NA AVIAÇÃO.** Disponível em: <<https://inteligenciaartificialblog.com/ia-no-aviacao/>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

GARMIN. **Autonomi™ Autonomous Safety Enhancing Technologies.** Disponível em: <https://discover.garmin.com/en-US/autonomi/>. Acesso em: 1 out. 2023.

FAA Certifies Cirrus Vision Jet's Safe Return Becoming the First Jet Aircraft to be Certified with Garmin Emergency Autoland. Disponível em: <<https://www.garmin.com/en-US/newsroom/press-release/aviation/2020-faa-certifies-cirrus-vision-jets-safe-return-becoming-the-first-jet-aircraft-to-be-certified-with-garmin-emergency-autoland/>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

FRAÇKIEWICZ, M. **IA na aviação: aprimorando a segurança, a eficiência e a experiência do passageiro.** Disponível em: <<https://ts2.space/pt/ia-na-aviacao-aprimorando-a-seguranca-a-eficiencia-e-a-experiencia-do-passageiro/#gsc.tab=0>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

GORDON, R.; CSAIL, M. **MIT's "Air-Guardian" – AI Copilot Enhances Human Precision for Safer Skies.** Disponível em: <<https://scitechdaily.com/mits-air-guardian-ai-copilot-enhances-human-precision-for-safer-skies/>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

HESPANHOL, R. M. **Caracterização dos fatores contribuintes em acidentes de pequenas aeronaves da aviação geral brasileira utilizando inteligência artificial.** 2016. Disponível em:

https://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UNB_b80c683ee0abbca7b56acfa595c848c0
Acesso em: 1 out. 2023.

IATA. **Ai in aviation exploring the fundamentals, threats and opportunities of artificial intelligence (AI) in the aviation industry**. 2018. Disponível em: <https://www.iata.org/contentassets/2d997082f3c84c7cba001f506edd2c2e/ai-white-paper.pdf> Acesso em: 8 out. 2023.

IGOR KABASHKIN; BORISS MIŠNEVS; ZERVINA, O. **Artificial Intelligence in Aviation: New Professionals for New Technologies**. Applied sciences, v. 13, n. 21, p. 11660–11660, 25 out. 2023.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. A. **Fundamento da metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LIDDELL, D. **Parece até ficção: aeroportos poderão ser radicalmente transformado pela IA**. Disponível em: <https://fastcompanybrasil.com/tech/inteligencia-artificial/parece-ate-ficcao-aeroportos-poderao-ser-radicalmente-transformado-pela-ia/>. Acesso em: 14 dez. 2023.

Medium. Disponível em: <https://relderdesigner.medium.com/a-ia-e-a-avia>. Acesso em: 4 dez. 2023.

LARENAS, N. **Um avião que pousa apenas ativando um botão? cirrus tem**. Disponível em: <https://www.nlarenas.com/pt/2019/10/un-avion-que-atteriza-solo-activar-boton-cirrus-vision-jet/>. Acesso em: 14 dez. 2023.

MARCELA. **Como Aprender a Usar Inteligência Artificial na Meteorologia?** Disponível em: <https://awari.com.br/como-aprender-a-usar-inteligencia-artificial-na-meteorologia/>. Acesso em: 14 dez. 2023.

PECHARROMÁN, P. M.; VEIGA, R. **Estudo Sobre a Indústria Brasileira e Europeia de Veículos Aéreos Não Tripulados**. 2018.

PORTILHO, F. A, BUKZEM, S. C. Os precedentes históricos da navegação aérea ... Aviation in Focus; v. 6, n. 1, p.17-27, 2015.

RICCO, M. F. F. Segurança de voo. **Revista da Escola Superior de Guerra**, v. 30, n. 60, p. 122-135, 2015.

RODRÍGUEZ, D. B. El sistema que revolucionó el concepto de la seguridad aérea. **TecnoESUFA: revista de tecnología aeronáutica**, v. 22, 2014.

SAORI. **O que é o eVTOL**: entenda o conceito de táxi aéreo que vai mudar a mobilidade urbana. Disponível em: <<https://www.mundoconectado.com.br/carros/o-que-e-o-evtol-entenda-o-conceito-de-taxi-aereo-que-vai-mudar-a-mobilidade-urbana/>>.

SILVA, D. L. G. **A contribuição da inteligência artificial no gerenciamento de voo**. Artigo Científico apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás como exigência parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Aeronáuticas. 2021.

TAKAMOTO. **O PILOTO AUTOMÁTICO E A TERRA PLANA**. Disponível em: <https://www.juniortakamoto.com.br/o-piloto-automatico-e-a-terra-plana/#google_vignette>. Acesso em: 14 dez. 2023.

THURBER, M. **ANAC do Brasil aprova Cirrus Vision Jet Autoland O sistema de pouso automático da Garmin para o Cirrus Vision Jet pode pousar o avião automaticamente se o piloto ficar incapacitado**. 2023. Disponível em: <https://www.ainonline.com/aviation-news/business-aviation/2023-02-28/brazils-anac-approves-cirrus-vision-jet-autoland> Acesso em: 8 out. 2023.

VIANA, P. **Airbus A320neo da azul tenta pousar no Santos Dumont e recebe aviso de pista curta**, 2020. Disponível em: <https://www.aeroflap.com.br/airbusa320neo-da-azul-tenta-pousa-no-santos-dumont-e-recebe-aviso-de-pista-curta/> Acesso em: 8 out. 2023.

WEID, I. V. **Mapeamento de tecnologias relacionadas à inteligência artificial com aplicação em Aeronáutica, no Brasil e Suécia, através da análise do depósito de patentes no setor**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Brasil) – INPI, 2022.

Fichier:Curtiss f floatplane.jpg — Wikipédia. Disponível em: <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Curtiss_f_floatplane.jpg>. Acesso em: 14 dez. 2023.



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1089 • Setor Universitário
Caixa Postal 96 • CEP 74605-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3946.1000
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Alexandre Roque Dias Junior
do Curso de Ciências Computacionais, matrícula 20201004700180,
telefone: (62) 99901-3104 e-mail alexandrediasjunior600@gmail.com
na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 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 O uso de inteligência artificial aplicada no ensino geral, 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 autor: Alexandre Roque Dias Junior

Nome completo do autor: Alexandre Roque Dias Junior

Assinatura do professor-orientador: Anna Paula Bachyocha

Nome completo do professor-orientador: Anna Paula Bachyocha