



COMPLICAÇÕES CAUSADAS POR CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS SEVERAS EM AERONAVES DE GRANDE PORTE

Luan Reis Scarpinelli¹
Francisco Conejero Perez²

RESUMO

A aviação é sem dúvida uma das maiores criações da humanidade, hoje sendo o meio de transporte mais importante para o mundo. A maior preocupação quanto sua operação está na segurança, pois ao longo da história já ocorreram diversos acidentes por motivos variados. Assim a meteorologia por sua vez traz a operação aérea muitas complicações e riscos, que por essa razão serão apresentados e estudados neste trabalho, por meio de documentos e artigos públicos bibliográficos de estudos realizados por órgãos e pessoas da área para esclarecer como evitar principais problemas ocasionados por condições meteorológicas, assim analisando as possibilidades para mitigação dos riscos causados pelas condições climáticas severas na operação de aeronaves de grande porte, e apresentar como o conhecimento da meteorologia pode melhorar a segurança de voo, e os procedimentos quando encontrar tais situações que devem ser realizados em relação às condições climáticas de risco. Entretanto, com todo o aprendizado e evolução temos hoje uma aviação cada vez mais segura, com profissionais preparados e uma tecnologia para seu auxílio, tanto em solo como em voo, que serão também citados neste trabalho para elucidar e mitigar os riscos e com isso tornando as operações cada vez mais seguras, serão mencionadas, como exemplo, três acidentes fatais, e recomendações para prevenção, espera-se elucidar por meio destes assuntos apresentados a influência que a meteorologia impacta na segurança de voo, e reforçando a importância de seu estudo e conhecimento como também o uso da tecnologia a exemplo do radar para desvios. Melhorar a comunicação entre os pilotos proporcionado um trabalho de equipe, para facilitar a compreensão e a resposta rápida dos pilotos frente as situações críticas.

Palavras-chave: Meteorologia; acidentes; aviação.

¹ Graduando em Ciências aeronáuticas. AEROTD. E-mail: luanscarpinelli15@gmail.com

²Professor Titular da Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, Brasil, Professor Faculdade de Tecnologia AeroTD, formado em pedagogia pela Universidade Ibirapuera em 2002, Mestre em Educação pela Universidade Mackenzie em São Paulo, 2004, Doutor em Administração na UDE - Montevideo em 2017, realizou curso de Política e Estratégia na Associação de Diplomados na Escola Superior de Guerra em 2005, São Paulo Brasil, realizou MBA - FGV - Administração de Empresas de Transporte Aéreo em 2010, curso de especialização em Finanças Internacionais, Macroeconomia e Competências gerenciais pela FGV em 2008, MBA pelo Instituto Tecnológico da Aeronáutica ITA, na área de engenharia em aeronáutica e Técnico em aviões pela Escola de Especialistas de Aeronáutica - 1970, Piloto Internacional de Linha Aérea da LATAM. Piloto militar da Força Aérea Brasileira entre 1971 e 1977. E-mail: francisco.c.perez@live.com

COMPLICATIONS CAUSED BY SEVERE WEATHER CONDITIONS ON LARGE AIRCRAFT

ABSTRACT

Aviation is undoubtedly one of humanity's greatest creations, today being the most important means of transport in the world. The biggest concern regarding its operation is safety, as throughout history there have been several accidents for various reasons. Meteorology, in turn, brings many complications and risks to aerial operations, which for this reason will be presented and studied in this work, through documents and public bibliographic articles of studies carried out by bodies and people in the area to clarify how to avoid the main problems caused by meteorological conditions that could compromise flight safety, thus analyzing the possibilities for mitigating the risks caused by severe weather conditions in the operation of large aircraft, and presenting how meteorology can affect flight safety by identifying severe conditions, and the main safety procedures carried out in relation to risky weather conditions. However, with all the learning and evolution, today we have a completely safe aviation, with prepared professionals and technology to help them, which will also be mentioned in this work to clarify the procedures carried out with the intention of mitigating risks and leaving operations always and each increasingly safer, situations that pose a risk will be mentioned, as well as methods of preventing and circumventing them.

Keywords: *Meteorology; accidents; aviation.*

1 INTRODUÇÃO

Desde a criação da aviação ao longo da história problemas foram apresentados em sua operação, sendo eles devidamente estudados e mitigados, dentre eles existe o fator meteorológico que é considerado um dos mais importantes a ser estudado para um planejamento de voo. Devido os riscos da meteorologia, diversos casos de problemas sendo acidentes ou incidentes ocorreram ao longo de sua trajetória, trazendo cada vez mais a atenção para esse quesito. Como um exemplo de risco da meteorologia para aviação existe o acidente do voo 447 da *Air France*, no qual houve vários fatores meteorológicos contribuintes que impactaram em decisões da tripulação para no final causar o acidente. Considerando que existem muitos casos diferentes de acidentes ou incidentes nesse quesito o objetivo deste trabalho está em demonstrar este e alguns outros casos, por razão de sua compatibilidade com o tema, tendo relação com condições meteorológicas de risco, e após elucidar os fatos da investigação e os métodos de prevenção para evitar este tipo de situação.

Assim com todos os dados preocupantes sobre esse assunto a pergunta de pesquisa do trabalho é como evitar principais problemas ocasionados por condições meteorológicas que possam comprometer a segurança do voo, para responder essa pergunta como objetivo geral, analisar as possibilidades para mitigação dos riscos causados pelas condições climáticas severas na operação de aeronaves de grande porte, e objetivos específicos são: apresentar como a meteorologia pode afetar a segurança de voo identificando as condições severas, e analisar quais são os procedimentos de segurança realizados em relação às condições climáticas de risco.

O devido entendimento sobre a meteorologia que afeta a segurança de voo é cada vez mais importante, e o motivo é que todos os pilotos devem ser instruídos desde a sua formação inicial, e manter durante toda a sua atividade aérea, para que um voo seja realizado são necessários planejamentos meteorológicos desde as decolagens, pousos e até quando em rota, portanto todas as pessoas relacionadas a operação (tripulação, órgãos de controle) devem ter o preparo

adequado e saber como reagir para mitigar situações de risco, portanto a importância do conhecimento meteorológico para aviação é sem dúvida indispensável e deve ser estudada (RODEGUERO, 2013).

Este trabalho vai delimitar os riscos provenientes da meteorologia para aeronaves de grande porte, capazes de mudar sua trajetória e nível, quais são e como são realizados os principais procedimentos de mitigação deles. Terá como base dados e fatos ocorridos que fundamentam seu desenvolvimento. Utilizará dados de estudos realizados por órgãos gerenciadores da aviação nacional e internacional, relatório de acidente que teve como condições latentes a presença de condições meteorológicas adversas, demonstrando seus meios de ser evitadas.

A área temática utilizada e estudada neste trabalho se relaciona com: planejamento de voo para evitar condições de risco devido condições meteorológicas. Serão apresentados os procedimentos a serem executados para mitigar situações de risco provenientes de condições meteorológicas adversas, bem como recomendações para entender a necessidade de estudar os fenômenos para evitar essas condições.

Estão envolvidas neste trabalho as disciplinas de meteorologia e *crew resource management* (CRM), em meteorologia serão analisadas as condições climáticas que podem trazer risco, o motivo de afetar significativamente a segurança e quais são esses riscos, em *crew resource management* serão analisados fatores humanos sobre os procedimentos adotados para mitigar os problemas, também como são realizados os planejamentos para detecção de situações de risco. Sobre elas se compreenderão os conceitos importantes para análise das situações que trazem risco as operações e porque devemos evitá-los e por fim espera-se elucidar por meio dos assuntos apresentados a influência que a meteorologia a causa na aviação, e a importância de seu estudo e conhecimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Serão apresentados nesse tópico assuntos fundamentados que demonstram a influência da meteorologia, sua teoria e fundamentos, sendo eles produtores de riscos para aviação, trazendo assim situações de perigo as operações. Após serão demonstrados meios utilizados atualmente na aviação para contornar e evitar esses riscos.

2.1 CONDIÇÕES DE MAU TEMPO

O gelo é um dos fatores que mais trazem risco para a operação das aeronaves, se uma cruza alguma região de muito gelo a mesma fica suscetível ao seu acúmulo nas suas superfícies podendo ser em regiões importantes que geram sustentação, o gelo costuma ser encontrado com frequência em grandes formações de nuvens, ao redor do mundo todo, ocasionando formação de gelo nas superfícies da aeronave com a água em estado líquido, pois quando se encontra em estado de cristais de gelo, neve ou vapor não é grande a probabilidade de sua aderência nas suas partes, assim diminuindo as chances de formação, mas quando em estado líquido ela se adere às superfícies proporcionalmente ao volume total da água em forma de suas gotas (ANAC, 2017).

A meteorologia é uma área que deve ser estudada para emprego da aviação por poder trazer situações de risco às operações de voo. Portanto, para aprofundar os conhecimentos sobre a meteorologia o *National Aviation Safety Data Analysis Center* (NASDAC) realizou um estudo com dados disponibilizados pelo *National Transport Safety Board* (NTSB), no qual se constatou que entre 1994 a 2003, 21,3% dos acidentes aeronáuticos foram provenientes de más condições meteorológicas (tempestades, vento, gelo, *windshear*), e em 41,2% dos casos de acidentes ocasionados por condições meteorológicas não há indícios de que os pilotos obtinham reconhecimento das condições climáticas da área (NASDAC, 2007).

Até o ano do estudo a evolução tecnológica trouxe para a aviação mais modernidade e assim reduzindo a quantidade de acidentes ocorridos e tornando

a aviação mais segura, porém mesmo com as taxas tendo diminuído significativamente, o índice de acidentes ocasionados por condições meteorológicas permaneceu o mesmo de 21,3% levando em consideração a taxa anual de acidentes (NASDAC, 2007). Com base em dados mais atuais disponibilizados pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), entre 2006 e 2015 ocorreram 107 acidentes, dentre estes por ano aproximadamente 11 ocasionaram-se por condições meteorológicas de risco, portanto uma taxa menor de 10,28% (CENIPA, 2016).

No tocante a turbulência de céu claro (CAT), ocorre pelo encontro de grandes massas de ar se movendo em direções e velocidades diferentes, causando distúrbio e cisalhamento dessas massas, são geralmente encontradas em regiões de forte cisalhamento do vento em altitude, ondas de montanha, regiões próximas do núcleo de correntes de jato, encontros de fortes massas de ar com velocidades e deslocamentos distintos (CHAMBERS, 1995). As mais intensas turbulências de céu claro são encontradas em correntes de jato completamente organizadas, na proximidade da área dos ventos mais fortes, com isso são produzidas intensas zonas de cortante, essa situação acontece com mais frequência no inverno e sobre os continentes tornando a possibilidade de a turbulência ser mais severa e comum (BANCI, 2001).

O grande problema está em sua detecção, pois elas ocorrem em tempo claro, sem a presença de gelo, gotículas de água ou nuvens, tornando indetectável para os radares aeronáuticos, pois os pulsos emitidos por eles não revelam nenhuma informação, não passando nada aos pilotos (CHAMBERS, 1995). Em altas altitudes e em rota as aeronaves raramente conseguem se desviar ou se antecipar da CAT, pois a sua probabilidade de desvio é muito baixa, mesmo com grande conhecimento e experiência do previsor sobre esses fenômenos (LESTER, 1994).

O fenômeno chamado *windshear* é definido como uma mudança na velocidade e direção do vento em uma curta distância, podendo acontecer em alta ou baixa altitude, estando sempre associada as diferenças de temperatura atmosférica. É encontrada com frequência em fortes dissipações, sendo um de

seus aspectos mais desagradáveis, trazendo grandes riscos para a aeronave por fortes ventos horizontais e verticais. Há dois tipos de *windshear* existentes, vertical e horizontal.

Entretanto, o tipo mais perigoso para o emprego da aviação é o vertical, por estar relacionado a baixas altitudes e causar um efeito capaz de empurrar a aeronave, a mudança na velocidade e direção da aeronave pode causar complicações graves se estiver em uma aproximação para pouso. Uma ocorrência de *windshear* pode causar uma mudança de rotina normal de voo para uma emergência rapidamente. Para a recuperação de voo a aeronave deve estar em altitude necessária, caso contrário são utilizadas técnicas de pouso para tentar minimizar as complicações causadas e os possíveis estragos que podem acontecer a aeronave e aos passageiros (FAA, 2008).

O tipo de nuvem cumulonimbus é a que mais traz risco para as operações, são grandes formações de desenvolvimento vertical que se formam com frequência nas regiões de ciclones tropicais, latitudes baixas e furacões, podendo atingir uma altitude de 17.000 metros. São nuvens reconhecidas com facilidade por ter sua aparência semelhante à de uma bigorna ou penacho, e são caracterizadas por produzirem trovões com relâmpagos e fortes pancadas de chuva, e com frequência ocorrem saraiva ou granizo, em suas camadas superiores encontram-se formações de pelotas de gelo, neve e cristais de gelo (REDEMET, 2007). Seu desenvolvimento é composto por três fases bem características (cumulus, maturidade e dissipação) sendo a última a fase que caracteriza a trovoadas, estima-se que na superfície terrestre ocorram diariamente cerca de 40.000 trovoadas (SONNEMAKER, 1996).

2.1.1 Situações de risco as operações aéreas

Um exemplo de ameaça de risco para operação foi o acidente do voo 447, no qual ocorreram muitas decisões equivocadas da tripulação da aeronave devido à falta de treinamento prático manual em elevadas altitudes, falha da tripulação em identificar a aproximação de estol, assim aplicando comandos inapropriados nos controles desestabilizando a trajetória do voo sem perceber a mudança, e

problemas técnicos. Alinhados a esses problemas, foi tomada uma decisão de voar em uma região de grande risco, mesmo a tripulação sabendo das condições meteorológicas do local.

Nos locais de tempestades provenientes de *cumulonimbus* a atmosfera se encontra com baixa temperatura e grandes formações de gelo. Dentro dessas circunstâncias existe risco de entupimento dos tubos de *pitot*, mesmo com o sistema de aquecimento presente em todas as aeronaves de grande porte para derreter o gelo e prevenir essa situação. Através do tubo de *pitot* o avião admite o ar da atmosfera, possibilitando informar a tripulação sobre a velocidade e altitude do voo. Devido à decisão dos pilotos em entrar na área de mau tempo se iniciou o processo que no final levaria a tragédia, as condições meteorológicas provenientes do local ocasionaram em uma obstrução no tubo de *pitot* por gotículas de água super congelante, que se congelaram no exato momento em que tocaram o orifício do tubo, assim perdendo todas as informações relacionadas à altitude e velocidade da aeronave, sendo elas as mais importantes para conseguir manter um voo seguro (BEA, 2012).

Entre os casos que trazem grande repercussão também se encontra o voo Pan Am 214, a aeronave havia decolado de *Washington* com destino a *Filadelfia*, as condições meteorológicas na rota eram preocupantes e a aeronave enfrentaria tempestade severa, faltando apenas alguns minutos para as 21h na fase final do voo um raio caiu sobre a asa do *Boeing 707*, causando de imediato uma explosão, dando tempo para a tripulação lançar um curto sinal de *Mayday*, interrompido por outra explosão completamente mais violenta, assim destruindo a aeronave ainda em voo. O motivo da explosão foi uma ignição com o combustível situado no tanque das asas da aeronave, a separando da estrutura, assim os pilotos perderam totalmente o controle da aeronave, depois desse acontecimento foi recomendado a FAA modificações para o projeto de aeronaves futuras com o intuito de impedir mais acontecimentos como esse. Em chamas, a aeronave se chocou com o chão em dez milhas náuticas a sudoeste de *New Castle*, tirando a vida de 73 passageiros e 8 tripulantes (FAA, 1964).

O voo, 710 da *Northwest Airlines* partiu de Chicago, Illinois com destino a Miami, Florida, a aeronave do voo era um *Lockheed L-188C Electra* e tinha apenas sete meses de uso, a operação estava normal conforme o planejado, nenhum alarme ou mensagem foi recebido para alertar os pilotos sobre algum risco ou dificuldade a frente, quando passando pela região de Indiana a 18.000ft foram surpreendidos por uma turbulência de céu claro, a agressividade das oscilações e trepidações ocasionaram no suporte do motor uma separação da asa direita em pleno voo, os pilotos perderam o controle da aeronave resultando no acidente. Após a queda foi reportado que havia na área violenta turbulência, o avião se chocou com o chão a aproximadamente 6 milhas náuticas de Cannelton, Indiana, tirando a vida de 63 passageiros (FAA, 1961).

2.2 PRINCIPAIS MEIOS DE EVITAR RISCOS

O principal meio de evitar possíveis riscos é na utilização do radar meteorológico, pois possibilita a tripulação saber das condições climáticas nos arredores, assim os pilotos podem evitar essas condições. Os dados fornecidos podem ser de quais são os tipos de partículas na formação como neve, granizo e chuva, também permite informar sobre possíveis turbulências nas precipitações, causadas principalmente por variações na velocidade do vento e tempestades (KAYTON, 1997). O funcionamento do radar meteorológico é muito parecido com o radar convencional, com frequências de ondas eletromagnéticas classificadas e separadas por bandas, o conjunto básico estrutural de um radar consiste em um transmissor-receptor, que fica dentro do radome (nariz) da aeronave, e um indicador que em funcionamento através das frequências produzem pulsos de ondas eletromagnéticas e são emitidos para o espaço (EISMIN, 2001). A tecnologia dos radares evoluiu e possibilitou a detecção da turbulência de céu claro por meio do lidar, com sensores evoluídos sua precisão permite demonstrar o local da formação (ELOURAGINI, 1996).

Ao longo da história da aviação já ocorreram diversos acidentes motivados por condições meteorológicas, alguns deles se devem a respeito de formação de

gelo nos sistemas, motores e asas das aeronaves. Com isso foi criado um sistema de proteção antigelo, para dissolver o gelo que se forma nas superfícies do avião, esse sistema se encontra hoje em todas as aeronaves de grande porte atuando automaticamente, dificultando assim as formações de gelo e seus decorrentes problemas, melhorando a forma de evitar o mau tempo (ANAC, 2017).

Mesmo com a atmosfera em condições propícias para a formação de gelo, o sistema antigelo que suporta supostamente a todas as condições de gelo em altitude e aquece todas as suas superfícies importantes para sustentação pode derreter o gelo, fazendo com que o aerofólio não perca eficiência, também aquece o tubo de *pitot* fazendo a aeronave não perder as informações importantes para o voo (BEA, 2012).

2.2.1 Gerenciamento de recursos da cabine (CRM)

Os operadores devem realizar sequências corretas e medidas responsáveis para as atividades se tornarem seguras, esses conceitos devem ser executados visando ter melhor consciência e conhecer o tipo de ação a ser tomada, contornando o conflito, observando os riscos e perigos iminentes e proporcionar rápidas tomadas de decisão prudentes com o intuito de aumentar a segurança, portanto os devidos treinamentos corretos são o ponto inicial para evitar situações de risco.

Por conta dessas preocupações foi criado o conceito de CRM, pois com os relatórios analisados de acidentes aéreos ao longo dos anos foi percebido que grande parte deles ocorreram por falhas humanas, e não por falhas na máquina, como a falta de habilidade da tripulação em agir apropriadamente a situação, na qual eles mesmos se colocaram. As comunicações inadequadas dos membros da tripulação conduziam uma perda da consciência situacional, fazendo eles não agirem como equipe, assim resultando em más decisões das quais terminaram em diversos acidentes.

▶ Sendo implantado nas empresas aéreas o CRM trouxe mais consciência por parte da tripulação para gerenciar fatores humanos, enfatizou a importância de

seu conhecimento para desenvolver atitudes e habilidades que alinhadas reduzem os potenciais acidentes, e aperfeiçoou o ambiente de trabalho para todos os envolvidos com as operações aéreas (BREVES, 2018).

A implantação do CRM nas empresas aéreas foi importante para sua evolução e se tornar o que é hoje, assim reduzindo muitos dos acidentes que se resultaram por fatores humanos, assim sendo usado hoje para evitar acidentes e dissabores para tripulantes e passageiros. Como um dos objetivos deste trabalho, esse é mais um dos fatores que evitam acidentes.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Analisar as possibilidades para mitigação dos riscos causados pelas condições climáticas severas na operação de aeronaves de grande porte é o objetivo geral desse trabalho, assim podendo esclarecer quais procedimentos são seguidos em determinadas situações de risco, tornando mais segura a operação aérea. Por essa razão essa pesquisa é considerada de natureza aplicada. Para Gil (2019), pesquisadores sociais utilizam com mais frequência a pesquisa aplicada, pois conhecimentos adquiridos do trabalho são aplicados para gerar resultados, portanto a prática é o maior interesse desse tipo de trabalho.

Esta pesquisa tem uma abordagem bibliográfica, descritiva e qualitativa. É bibliográfica por utilizar de documentos, relatórios e artigos públicos. É descritiva, pois pretende identificar os problemas ocasionados pela meteorologia, e apresentar os procedimentos adotados visando a segurança das operações aéreas. Como qualitativa ela busca compreender os fenômenos no qual faz parte e o sentido em que ocorrem, analisando em uma perspectiva integrada (GODOY, 1995).

Os acidentes de avião causados por condições meteorológicas são devastadores, neste trabalho, exploramos os tipos de acidentes, as principais causas e medidas preventivas. Definimos o ambiente de pesquisa como todos os locais onde aeronaves podem ser afetadas por fatores meteorológicos, incluindo nuvens, tempestades, ventos de alta altitude e turbulências.

Foram coletadas informações de fontes credenciadas que ajudaram a garantir a qualidade e confiabilidade dos dados de pesquisa, realizou-se uma ampla revisão bibliográfica antes da coleta de dados para garantir que todo o estudo seja baseado em informações precisas e confiáveis. A revisão bibliográfica foi feita em um tempo hábil, uma vez que este processo não deve prejudicar as outras etapas da pesquisa. Para Godoy (1995) os documentos e bibliografia a serem utilizados quando se tornam públicos são de mais fácil acesso do que os restritos e reservados de uma empresa onde o uso é exclusivo aos funcionários.

Assim os documentos publicados da aviação se tornam públicos com o tempo, facilitando seu estudo. Para a análise dos dados foram demonstrados exemplos de composições naturais da meteorologia consideradas por condições de mau tempo, classificando os procedimentos utilizados para mitigar e contornar estes problemas. Para Godoy (1995), são coletados e analisados vários tipos de dados com o intuito de entender a dinâmica da operação, visando analisar todos os aspectos nela envolvidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme estudo realizado, dentre acidentes aéreos ocorridos entre 1994 e 2003, 21,3% deles foram ocasionados por razões meteorológicas, assim o risco da meteorologia existe e afeta as operações aéreas (NASDAC, 2007). Fenômenos demonstrados como gelo trazem grande risco para o funcionamento de partes que possibilitam o voo, por mudar seu perfil aerodinâmico (BEA, 2012). O *windshear* causa uma corrente de vento capaz de mudar o curso da aeronave, mesmo sendo de grande porte, trazendo mais risco em aproximações para pouso (FAA, 2018). A nuvem *cumulonimbus* é a que mais traz risco para as aeronaves por produzirem trovões com relâmpagos e fortes pancadas de chuva, em sua superfície existem pelotas de gelo, neve e cristais de gelo (REDEMET, 2007).

A turbulência de céu claro tem a tem uma força agressiva (BANCI, 2001), e sua capacidade de detecção é muito baixa (LESTER, 1994). Todavia foi criado uma tecnologia de radar para sua detecção, o LIDAR. Essas são hoje as condições

meteorológicas que trazem mais risco a operação aérea, com o conhecimento destas assim foram identificadas, conforme objetivo deste trabalho.

Como os meios de prevenção foram apresentados o radar meteorológico, que possibilita o conhecimento das condições climáticas antes do voo (KAYTON, 1997). Sistemas de proteção contra o gelo são necessários para manter a segurança e derretem a sua formação (ANAC, 2017).

O *crew resource managment* também tem importância para segurança da operação, pois se deve ter devido treinamento e operação corretos com a tripulação (BREVES, 2018). Com esses conceitos são realizados procedimentos de mitigação, para contornar e evitar os riscos causados pela meteorologia, assim foram identificados meios para mitigação dessas condições, conforme objetivo deste trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste trabalho espera-se elucidar por meio dos assuntos apresentados a influência que a meteorologia causa na aviação, e a importância de seu estudo e conhecimento para a área, por conta dos casos aqui citados. Entretanto, se espera que através deste se estabeleça a consciência de que a meteorologia é um fator que deve ser sempre levado a sério quando se relaciona a aviação, e assim cada vez mais aumentar sua segurança. O trabalho se consiste em um artigo, no qual foram analisados documentos, relatórios e artigos públicos para demonstrar os fatores meteorológicos, e os meios de evitá-los.

5.1 RECOMENDAÇÕES

Treinamento mais aprofundado para os pilotos, especialmente em emergências e em lidar com falhas nos sistemas de aeronaves e voar em condições de tempo adversa. Recomendações devem ser feitas para revisar os sistemas de controle de voo e automatização para garantir que os pilotos entendam completamente como os sistemas funcionam e possam intervir

adequadamente quando necessário, principalmente em condições meteorológicas.

Melhorar a comunicação entre os pilotos durante emergências, garantindo uma compreensão clara da situação e coordenação eficaz das ações. Uso do radar para desvios. Melhorar o design das aeronaves, incluindo o layout dos instrumentos e controles para facilitar a compreensão e a resposta rápida dos pilotos em situações críticas.

REFERÊNCIAS

ANAC. **Formação de gelo**. ANAC, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/segurancaoperacional/meteorologia-aeronautica/condicoes-meteorologicas-adversas-para-o-voo/formacao-de-gelo#intensidade>. Acesso em: 6 maio 2023.

BANCI, Darcy. **Meteorologia para aviação: teoria e testes**. São Paulo: Pilot's Shop, 2001.

BEA. **Relatorio oficial do voo da air france 447**. 2012. Disponível em: <https://www.bea.aero/enquetes/vol.af.447/note05juillet2012.br.pdf>. Acesso em: 06 maio 2023.

BREVES, Teresa Freire. **Manual do facilitador em CRM**, 2018. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/arquivos/pdf/manualTreinamentoFacilitadorCRM3.pdf>. Acesso em 04 nov. 2023.

CENIPA. **FCA 58-1 - Panorama estatístico da aviação civil brasileira: ocorrências aeronáuticas**, 2016. Disponível em: [file:///C:/Users/marly/Downloads/FCA%2058-1\(2016\).pdf](file:///C:/Users/marly/Downloads/FCA%2058-1(2016).pdf). Acesso em: 25 mar. 2023.

CHAMBERS. **Global response of clear-air turbulence to climate change**, 1995. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/2017GL074618>. Acesso em: 25 mar. 2023.

ELOURAGINI, Flamant, **P. H.: Iterative method to determine an averaged lidar ratio and the range resolved extinction in cirrus**, Appl. Optics, 35, 1512–1518, 1996. Acesso em: 13 mar. 2024.

EISMIN, Thomas K. **Aircraft: electricity & electronics**. 5 ed. New York: Glencoe, 2001.

FAA. **Aircraft accident report, northwest 710**, 1961. Disponível em: https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/33639/dot_33639_DS1.pdf. Acesso em 30 set. 2023.

FAA. **Aircraft accident report, Pan American Flight 214**. 1964. Disponível em: https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/33698/dot_33698_DS1.pdf. Acesso em 30 set. 2023.

FAA. **Windshear**, 2008. Disponível em: [https://www.faa.gov/files/gslac/library/documents/2011/Aug/56407/FAA%20P-8740-40%20WindShear\[hi-res\]%20branded.pdf](https://www.faa.gov/files/gslac/library/documents/2011/Aug/56407/FAA%20P-8740-40%20WindShear[hi-res]%20branded.pdf). Acesso em 10 mar. 2023.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GODOY, Arilda Schmidt. Pesquisa qualitativa tipos fundamentais. **Revista de administração de empresas**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1 jun. 1995. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/ZX4cTGrqYfVhr7LvVyDBgdb/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 31 maio 2023.

KAYTON, Myron; FRIED, Walter R. **Avionics navigation systems**. 2 ed. New York: Wiley, 1997.

LESTER, P. F. **Turbulence: a new perspective for pilots**. [S.l.]: Jeppesen Sanderson, 1994.

NASDAC. **Acidentes aéreos causados por condições meteorológicas**, 2007. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/en/safety/aeronautical-meteorology/see-more/meteorology-and-flight-safety>. Acesso em 4 mar. 2023.

REDEMET. **Cuidado, cumulonimbus na área**, 2007. Disponível em: <https://redemet.decea.mil.br/old/uploads/2014/04/cumulonimbus.pdf>. Acesso em: 20 maio 2023.

RODEGUERO, Miguel Angelo; BRANCO, Humberto. **Gerenciando o risco na aviação geral: segurança de voo**. 1 ed. São Paulo: Editora Bianch, 2013.

SONNEMAKER, João Batista. **Meteorologia**. 18. ed. São Paulo: ASA, 1996.