



ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

**CAMILA BOLZAN, Maj Av**

**O impacto da operação de sistemas de aeronaves não tripuladas de pequeno porte para  
o Departamento de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro.**

Rio de Janeiro

2024

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

**CAMILA BOLZAN, Maj Av**

**O impacto da operação de sistemas de aeronaves não tripuladas de pequeno porte para  
o Departamento de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Escola de Comando e Estado-Maior da  
Aeronáutica como requisito parcial para  
aprovação no Curso de Comando e Estado-  
Maior.

Linha de Pesquisa: Poder Aeroespacial.

Orientador: Mariel Santos de Aguiar, Ten Cel Av

Rio de Janeiro

2024

## RESUMO

Com a popularização dos sistemas de aeronaves não tripuladas de pequeno porte (sUAS – *small Unmanned Aircraft System*), paralisações das operações em diversos aeroportos mundo afora por conta da interferência desses vetores no tráfego aéreo têm sido comuns. Nesse cenário, este estudo teve por objetivo geral analisar o impacto da operação de sUAS para o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) de 2022 a 2023. Para tanto, foi realizada pesquisa documental no arcabouço legal dos órgãos brasileiros que regulam a atividade e em documentos da *International Civil Aviation Organization* (ICAO), visando obter a definição de sUAS e DECEA. Em seguida, foram consultados os bancos de dados de diversos sistemas do DECEA com o intuito de coletar informações sobre impactos na fluidez, eficiência e segurança operacional do tráfego aéreo envolvendo sUAS. Considerando a Pirâmide de Heinrich, a Teoria do Queijo Suíço e os princípios de gerenciamento do risco (probabilidade e severidade) como suportes para a análise, concluiu-se que o impacto das operações de sUAS para o DECEA de 2022 a 2023 foi relevante em termos de segurança operacional, já que os reportes de avistamentos e aproximações entre aeronaves tripuladas e sUAS aumentaram nesse período e que colisões entre esses vetores podem ter consequências catastróficas. Contudo, o impacto não foi considerado relevante em relação à eficiência e fluidez do tráfego aéreo, pois o número de vezes em que aeronaves tiveram que realizar esperas em voo ou alternar seus destinos foi pequeno diante de milhares de movimentos (soma de pousos e decolagens) anuais.

**Palavras-chave:** DECEA; fluidez; segurança operacional; sUAS.

## ***ABSTRACT***

*With the popularization of small Unmanned Aircraft Systems (sUAS), disruptions of operations at several airports around the world due to the interference of these vehicles in air traffic have been common. In this context, the present study aimed to analyze the impact of sUAS operations on the Airspace Control Department (DECEA) from 2022 to 2023. To this end, documentary research was conducted in the legal framework of the Brazilian agencies that regulate the activity and in documents from the International Civil Aviation Organization (ICAO) to obtain the definitions of sUAS and DECEA. Subsequently, databases from some DECEA systems were consulted to collect information on the impacts on the fluidity, efficiency, and safety of air traffic involving sUAS. Considering Heinrich's Pyramid, the Swiss Cheese Model, and risk management principles (probability and severity) as supports for the analysis, it was concluded that the impact of sUAS operations on DECEA from 2022 to 2023 was significant in terms of safety, as reports of sightings and near-misses between manned aircraft and sUAS increased during this period, and collisions between these vehicles can have catastrophic consequences. However, the impact was not considered significant regarding air traffic efficiency and fluidity, as the number of times aircraft had to hold in-flight or divert their destinations was small compared to the thousands of annual movements (sum of takeoffs and landings).*

**Keywords:** *DECEA; Fluidity; Safety; SUAS.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pirâmide de Heinrich .....	14
Figura 2 – Teoria do Queijo Suíço .....	14
Figura 3 – Termos chave para a aviação não tripulada .....	21
Figura 4 – Total de ocorrências envolvendo sUAS em 2022 e 2023 .....	27
Figura 5 – Extrato do DOC 9859 .....	39
Quadro 1 – Dados de ocorrências de impactos na fluidez do tráfego aéreo causados por sUAS de 2022 a 2023 .....	24
Quadro 2 – Dados de ocorrências de impactos na fluidez do tráfego aéreo causados por sUAS em 2023 .....	25
Quadro 3 – Reportes de ocorrências relacionadas à segurança operacional de 2022 a 2023 ...	26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – <i>Ranking</i> de aeródromos por número de movimentos e percentual de movimentos impactados em 2023 .....	25
--	----

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**ANAC** – Agência Nacional de Aviação Civil

**ANATEL** – Agência Nacional de Telecomunicações

**ANS** – *Air Navigation Service*

**ANV** – Aeronave

**ATFM** – *Air Traffic Flow Management*

**ATS** – *Air Traffic Service*

**AVSEC** – Segurança da Aviação Civil contra Atos de Interferência Ilícita

**CBA** – Código Brasileiro de Aeronáutica

**CCV** – Carta de Corredores Visuais

**CGNA** – Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

**COMAER** – Comando da Aeronáutica

**C-UAS** – *Counter Unmanned Aircraft System*

**DECEA** – Departamento de Controle do Espaço Aéreo

**Doc** – *Document*

**EASA** – *European Union Aviation Safety Agency*

**EUA** – Estados Unidos da América

**FAB** – Força Aérea Brasileira

**Ft** – *feet*

**GNAF** – Gerente Nacional de Fluxo

**ICA** – Instrução do Comando da Aeronáutica

**ICAO** – *International Civil Aviation Organization*

**MCA** – Manual do Comando da Aeronáutica

**NTSB** – *National Transportation Safety Board*

**OE** – Objetivo Específico

**OG** – Objetivo Geral

**PCA** – Plano de Comando da Aeronáutica

**PMD** – Peso Máximo de Decolagem

**RBAC-E** – Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial

**REA** – Rotas Especiais de Aeronaves

**RELSEC** – Relatório de Segurança da Aviação Civil contra Atos de Interferência Ilícita

**RPA** – *Remotely Piloted Aircraft*

**SARP** – Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados

**SARPAS** – Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas

**SBCF** – Aeroporto de Confins

**SBFL** – Aeroporto de Florianópolis

**SBGR** – Aeroporto Internacional de São Paulo - Guarulhos

**SBRJ** – Aeroporto Santos Dumont

**SBSP** – Aeroporto de Congonhas

**SBSV** – Aeroporto de Salvador

**SIATFM** – Sistema de Informações do *Air Traffic Flow Management*

**SIGCEA** – Sistema de Informações Gerenciais do Subsistema de Segurança Operacional no Controle do Espaço Aéreo

**SISCEAB** – Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro

**SMM** – *Safety Management Manual*

**sUA** – *Small Unmanned Aircraft*

**sUAS** – *small Unmanned Aircraft System*

**TMA-SP** – Terminal São Paulo

**UA** – *Unmanned Aircraft*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	13
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	17
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	21
4.1	DEFINIÇÃO DO CONCEITO DE SUAS.....	21
4.2	DEFINIÇÃO DO CONCEITO DE DECEA.....	23
4.3	OCORRÊNCIAS DE IMPACTOS NA FLUIDEZ E EFICIÊNCIA DO TRÁFEGO AÉREO CAUSADOS PELA OPERAÇÃO DE SUAS NO BRASIL DE 2022 A 2023 .....	24
4.4	OCORRÊNCIAS DE IMPACTOS NA SEGURANÇA OPERACIONAL ENVOLVENDO SUAS REPORTADAS NOS SISTEMAS DO DECEA DE 2022 A 2023 .....	26
4.5	IMPACTO GERAL DA OPERAÇÃO DE SUAS PARA O DECEA DE 2022 A 2023 .....	28
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	31
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	35
	<b>ANEXO A – FIGURA 5 – EXTRATO DO DOC 9859</b> .....	39
	<b>ANEXO B – CARTA DE CORREDORES VISUAIS DE ROTAS ESPECIAIS DE AERONAVES DA TERMINAL SÃO PAULO</b> .....	41

## 1 INTRODUÇÃO

Em 4 de fevereiro de 2023, era noticiada na mídia a interrupção das operações do aeroporto de Dublin pelo segundo dia consecutivo devido à presença de drones nas proximidades da pista, gerando uma série de consequências (Ferreira, 2023a). Graças ao sistema de detecção de drones instalado no aeroporto, um dos únicos do mundo que dispõe dessa tecnologia, as operações foram paralisadas e não houve registros de incidentes. No entanto, ocorreram centenas de atrasos que afetaram drasticamente as companhias aéreas, como a empresa *low cost* Ryanair, cujo modelo de operação conta com o menor tempo de solo possível e qualquer atraso leva à perda de conexões em outros aeroportos. Além dos atrasos, segundo a empresa, houve o desvio de voos de mais de 1.400 passageiros em dois dias, o que gerou uma interpelação junto ao governo para que atuasse rigorosamente, classificando o episódio como inaceitável. Não obstante o ocorrido, dois dias depois houve nova paralisação das operações do aeroporto de Dublin pelo mesmo motivo (Ferreira, 2023b).

Em setembro de 2017, um drone DJI Phantom, de aproximadamente 1,5 kg, colidiu com um helicóptero *Black Hawk* do Exército dos Estados Unidos da América (EUA). O drone foi destruído e o helicóptero teve danos na pá do rotor. Na área da ocorrência havia uma restrição temporária de voo que impedia a presença do drone. A *National Transportation Safety Board* (NTSB), órgão do governo americano encarregado de investigar acidentes aéreos, concluiu que houve falha do piloto do drone em ver e evitar o helicóptero devido ao voo além da linha de visada e ao conhecimento incompleto das regulamentações (Cooke, 2018).

Em 2021, uma aeronave Cessna 172 colidiu com um drone da polícia enquanto se aproximava do Aeroporto Municipal de Toronto, no Canadá. A aeronave conseguiu pousar com segurança, mas teve danos na carenagem dianteira esquerda. O drone foi destruído. Não houve feridos. Segundo a *Transportation Safety Board* (Canadá, 2023), agência que investiga ocorrências aéreas no Canadá, a análise do ocorrido mostrou que a sobrecarga de tarefas do piloto do drone contribuiu para a colisão. A polícia atualizou suas políticas para melhorar a segurança das operações de drones.

Os incidentes relatados, ainda que não tenham vitimado pessoas, expõem vulnerabilidades e ilustram a magnitude do impacto que a operação indevida de drones, como são popularmente conhecidas as aeronaves não tripuladas, pode causar. No Brasil, casos de interrupções das operações em aeródromos pela presença não autorizada desses equipamentos no entorno dos aeroportos também vêm sendo noticiados com maior frequência e têm preocupado as autoridades.

Segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), de 2023 para 2024, houve um aumento de 32% no número de aeronaves não tripuladas cadastradas em seu sistema, totalizando aproximadamente 150 mil registros (ANAC, 2024). A ascensão vertiginosa desses vetores nos últimos anos revolucionou

diversos segmentos da economia, como o empresarial, o de consumo, o de segurança pública e o de logística. De acordo com a *Drone Industry Insights*, “prevê-se que o mercado global de drones cresça de 26,3 bilhões de dólares americanos em 2021 para 54,6 bilhões de dólares americanos em 2030” (Laricchia, 2023, tradução nossa). No entanto, essa tecnologia também traz consigo desafios globais consideráveis, especialmente no que diz respeito à sua integração segura e eficiente no espaço aéreo.

Relatos constantes de operações não autorizadas de aeronaves não tripuladas nas redondezas dos aeroportos multiplicam-se causando transtornos, prejuízos e afetando a segurança. O Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), como organização do Comando da Aeronáutica (COMAER) responsável pelo controle do espaço aéreo brasileiro, tem como visão “Ser reconhecido como referência global em segurança, fluidez e eficiência no gerenciamento e controle integrado do espaço aéreo” (Brasil, 2018, p. 1). Diante disso, no cenário atual, junto a outras autoridades governamentais, o DECEA tem papel importante para viabilizar a operação dessas novas tecnologias e promover sua integração segura no espaço aéreo.

Com a crescente comercialização dessas aeronaves pelo mundo, as autoridades brasileiras têm se esforçado para controlar sua operação. Mesmo com a emissão de legislações e regulamentos sobre o assunto, como a obrigatoriedade de registro de drones no sistema da ANAC, a exigência de certificação pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e a necessidade de solicitação de acesso ao espaço aéreo para o uso dessas aeronaves por meio do sistema de Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARPAS), inúmeras infrações são cometidas diariamente.

Operações irregulares de aeronaves não tripuladas podem resultar em colisões com aeronaves tripuladas, o que exige atenção pelo grau de severidade que podem representar. Experimentos publicados no *Aerospace Science and Technology Journal* revelaram que, dependendo do tipo de aeronave atingida e das características das aeronaves não tripuladas, como tipo do material, peso e velocidade, impactos no para-brisas podem ter efeitos significativos, incluindo condições não navegáveis que dificultariam o voo seguro, sendo mais graves que os causados por pássaros de pesos semelhantes aos dos drones usados nos testes (Lu *et al.*, 2020). Em outro ensaio, uma aeronave não tripulada de 1.360 g e um pássaro de 1.800 g colidiram com o nariz de uma aeronave nas mesmas condições e a primeira causou danos mais severos (Lu *et al.*, 2021). Ainda, há que se considerar o risco de incêndio caso a bateria de um drone se aloje nas turbinas ou na fuselagem de uma aeronave em uma colisão, o que poderia ser catastrófico.

Nesse sentido, o Brasil precisa se preparar para esse novo desafio. Para tanto, faz-se necessária a tomada de uma série de medidas, entre elas está o gerenciamento de incidentes causados por drones que, por sua vez, pode contar com modernos sistemas de monitoramento, detecção e contenção dessas novas ameaças. Como esses sistemas demandam investimentos demasiadamente altos, uma decisão nesse sentido carece de análise criteriosa.

Diante desse cenário, com o intuito de analisar dados que permitam embasar a tomada de decisão da Força Aérea Brasileira (FAB) quanto ao investimento na aquisição de novas tecnologias é que se propõe o seguinte problema de pesquisa: Qual foi o impacto da operação de sistemas de aeronaves não tripuladas de pequeno porte (sUAS – *small Unmanned Aircraft System*) para o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) de 2022 a 2023?

O objetivo geral (OG) deste trabalho é analisar o impacto da operação de sUAS para o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) de 2022 a 2023. Para atingi-lo, foram estabelecidos cinco objetivos específicos: OE1) Definir o conceito de sUAS para o âmbito do presente trabalho; OE2) Definir o conceito de DECEA para o âmbito do presente trabalho; OE3) Identificar as ocorrências de impactos na fluidez e eficiência do tráfego aéreo causados pela operação de sUAS no Brasil de 2022 a 2023; OE4) Identificar as ocorrências de impactos na segurança operacional envolvendo sUAS reportadas nos sistemas do DECEA de 2022 a 2023; e OE5) Demonstrar o impacto geral da operação sUAS para o DECEA de 2022 a 2023.

Diante do contexto exposto envolvendo a operação de sistemas de aeronaves não tripuladas de pequeno porte e como hipótese de solução do problema de pesquisa proposto, supõe-se que: O impacto da operação de sUAS foi relevante para o DECEA de 2022 a 2023, tanto em termos de eficiência e fluidez, como em termos de segurança operacional.

Operações irregulares de sUAS podem se dar por desconhecimento dos regulamentos por parte dos operadores, por erros não intencionais ou de forma proposital, e acabam colocando em risco pessoas, patrimônios, instalações, aeronaves, comunicações e o funcionamento de equipamentos importantes para a aviação. Em um contexto específico, o uso não autorizado desses aparelhos pode, inclusive, causar impactos na soberania do espaço aéreo brasileiro, caso envolvam Bases Aéreas com alerta de defesa.

Assim, este trabalho traz dados e possibilita análises em suporte a decisões para incrementar a infraestrutura aeroespacial, em atendimento ao previsto no Programa Poder Aeroespacial, constante no PCA 11-47 - Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2024 - 2033, que prevê:

[...] a obtenção de sistemas de contraposição aos SARP [Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados], com o objetivo de proteger as instalações, as aeronaves, os veículos de apoio em solo, o pessoal e as infraestruturas críticas do poder aeroespacial contra o ataque de aeronaves não tripuladas [...]. (Brasil, 2024a, p. 29).

Nesse sentido, à luz de teóricos de prevenção de acidentes e de documentos de nível mundial versando sobre práticas recomendadas de gerenciamento do risco, este trabalho visa reunir dados detalhados a respeito das operações de sUAS que tenham impactado a segurança, fluidez e eficiência do controle do espaço aéreo brasileiro, tornando-se um meio de consulta compilado sobre o assunto. A inexistência de estudos abrangentes semelhantes ilustra a importância da pesquisa.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A globalização tem promovido a aceleração no fluxo de informações e dos transportes, o que tem impactado diretamente a difusão de novas tecnologias ao redor do mundo. As inovações, bem como suas atualizações e evoluções, espalham-se rapidamente entre os países.

A disseminação das aeronaves não tripuladas de pequeno porte segue essa dinâmica. Com a expansão dessa inovação, esses aparelhos têm se popularizado e seus preços têm se tornado mais acessíveis. Com isso, as operações desses equipamentos têm se intensificado, sendo utilizados nas mais diversas atividades profissionais e de recreação. No Brasil, o DECEA observou, em 2023, o aumento de 25% nas solicitações de voo em relação a 2022 (Brasil, 2024b).

Uma vez que esses equipamentos estejam transitando pelo espaço aéreo, torna-se necessário que haja gestões para que suas operações não interfiram no tráfego aéreo. Nesse escopo, esses esforços devem envolver as mais diversas entidades brasileiras, entre elas o DECEA. E, no âmbito de atuação desse Departamento, as atenções devem estar voltadas não só para a eficiente gestão do fluxo de tráfego, mas devem acontecer, principalmente, no campo da segurança operacional do controle do espaço aéreo brasileiro. Nesse sentido, “[...] Segurança Operacional é o estado no qual os riscos no ATS [*Air Traffic Service*] são reduzidos e mantidos em um nível aceitável, ou abaixo deste, mediante um processo contínuo de identificação de perigos e gerenciamento de riscos” (Brasil, 2022a, p. 16).

Destarte, a promoção da segurança operacional e os estudos de prevenção de acidentes estão relacionados aos pensamentos de Herbert William Heinrich e James Reason, que produziram conhecimentos tradicionais sobre os eventos que podem culminar em acidentes. Visando proporcionar conhecimentos afetos à aviação, a *International Civil Aviation Organization* (ICAO, 2018) publicou o Doc 9859 - *Safety Management Manual (SMM)*, um material guia que aborda princípios, boas práticas e conceitos de gerenciamento de segurança operacional. A partir dele, cada país signatário adota medidas adaptadas à sua realidade.

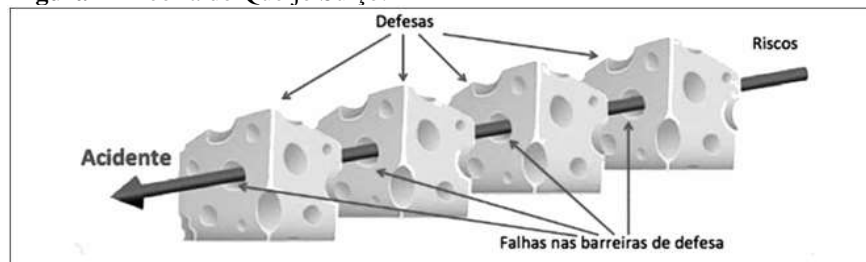
As obras e teorias de Hebert William Heinrich, um dos pioneiros da segurança industrial, servem como referência para diversas áreas até hoje. Após milhares de análises, Heinrich concluiu que, para cada acidente com lesão grave ou fatal, ocorreram 29 acidentes com lesões leves ou danos materiais e 300 sem lesões, formando, assim, a Pirâmide de Heinrich (Heinrich, 1931), representada na Figura 1. A teoria enfatiza a importância de investigar e corrigir os acidentes de menor gravidade (base e centro da pirâmide) para prevenir acidentes mais graves, localizados no topo da pirâmide. Apesar das consequências que geram, essas ocorrências têm origens análogas. Assim, os casos menos graves podem ser considerados precursores dos acidentes mais críticos e é importante que sejam analisados (Mendonça, 2011).

**Figura 1** – Pirâmide de Heinrich.

**Fonte:** Adaptado de Mendonça (2011).

A teoria da Pirâmide de Heinrich (Heinrich, 1931) dá suporte ao presente trabalho, pois destaca que as ocorrências situadas na base da pirâmide, quando analisadas adequadamente, proporcionam mitigação para que não resultem em eventos de maior gravidade. No caso das ocorrências envolvendo sUAS, pode-se inferir que a base da pirâmide, por analogia, é formada por reportes de avistamentos. Em seguida, no centro, há os reportes de avistamentos mais próximos das aeronaves e, finalmente, no topo, estão representadas as colisões e quase colisões. Ao identificar e analisar os avistamentos, o DECEA está atuando na prevenção de colisões entre sUAS e aeronaves. Essa teoria possibilitou realizar análises a respeito da distribuição dos eventos registrados, apresentadas adiante.

Outra analogia interessante para os estudos de prevenção de acidentes é a da Teoria do Queijo Suíço, de James Reason (1990). Esse modelo visa explicar a ocorrência de falhas e acidentes em sistemas complexos, como é a aviação e, mais especificamente neste caso, o controle de tráfego aéreo. Para Reason (1990), os sistemas eram constituídos de barreiras de proteção ou camadas de defesa – as “fatias do queijo” – contra erros que resultassem em eventos adversos. Nesse sentido, acidentes ocorrem quando há o alinhamento das vulnerabilidades do sistema, as falhas ativas e as condições latentes – os “buracos nas fatias” –, resultando em eventos adversos (Figura 2).

**Figura 2** - Teoria do Queijo Suíço.

**Fonte:** Lirio (2018, p.9).

Essa teoria destaca a importância de múltiplas barreiras de segurança e a necessidade de identificar e corrigir condições latentes, bem como evitar falhas ativas, auxiliando na implementação de medidas de prevenção de acidentes. Nesse contexto, condições latentes são aspectos de risco presentes em todos os sistemas de maneira oculta, podendo permanecer inertes por um longo período, vindo à tona ao se combinarem com as falhas ativas. Essas, por sua vez, são os atos inseguros (erros e violações) cometidos pelos indivíduos envolvidos diretamente na operação (Reason, 1990). Enquanto o erro é o resultado do

fracasso das ações planejadas para atingir o objetivo desejado, como um lapso, deslize, esquecimento ou desatenção, as violações são desvios de práticas, procedimentos, padrões ou regras operacionais seguras. Esses desvios podem se dar de forma intencional e deliberada ou por desconhecimento das regras (Reason, 2005). Erros e violações devem ser combatidos com barreiras diferentes.

De acordo com Reason (1990), a premissa básica é que as pessoas podem falhar e que os erros podem acontecer em qualquer sistema. Os erros não devem ser considerados como causas e sim como consequências de fatores sistêmicos. As barreiras são baseadas no pressuposto de que, conquanto não se possa alterar a natureza humana, que é falha, pode-se melhorar as condições de trabalho. Dessa forma, mais importante do que saber quem errou, é descobrir por que as defesas falharam (Reason, 1990).

De acordo com o Doc 9859 (ICAO, 2018), tem-se que:

O Modelo “Queijo Suíço” pode ser utilizado como guia de análise tanto pelos Estados como pelos prestadores de serviços, por olhar além dos indivíduos envolvidos em um incidente ou perigo identificado, mas também para as circunstâncias organizacionais que podem ter permitido que a situação se manifestasse. Pode ser aplicado durante o **gerenciamento do risco à segurança**, a vigilância de segurança, a auditoria interna, mudanças de gerenciamento e investigação de segurança. Em cada caso, o modelo pode ser usado para considerar **quais das defesas organizacionais são eficazes, quais podem ser ou têm sido violadas e onde o sistema poderia se beneficiar de defesas adicionais. Uma vez identificadas, quaisquer fragilidades nas defesas podem ser reforçadas contra futuros acidentes e incidentes** (ICAO, 2018, p. 2-7, tradução e grifo nosso).

A indicação do uso do modelo pela ICAO para identificar quais defesas organizacionais são eficazes e onde poderiam ser implementadas defesas adicionais vai ao encontro dos objetivos deste trabalho, uma vez que se destina à coleta de dados visando analisar o impacto da operação de sUAS para o DECEA e, assim, incrementar a segurança operacional brasileira.

Além do Modelo do Queijo Suíço, o Doc 9859 (ICAO, 2018) aborda os princípios de gerenciamento do risco. O gerenciamento do risco é fruto de uma combinação de práticas e teorias desenvolvidas ao longo de décadas em diferentes indústrias, que foram adotadas e adequadas às necessidades específicas de segurança da aviação. São esses conceitos de gerenciamento do risco adaptados para a aviação na visão da ICAO que serão utilizados como referência no presente trabalho.

De acordo com a abordagem da ICAO (2018), o gerenciamento do risco à segurança operacional inclui a identificação de perigos e a avaliação, mitigação e aceitação dos riscos. A identificação dos perigos refere-se à detecção de condições que podem contribuir para a operação insegura da aviação. Eles existem em todos os níveis da organização e podem ser percebidos por meio de diversas fontes, como relatórios, inspeções e auditorias. O objetivo é detectá-los antes que provoquem acidentes, incidentes ou outras ocorrências relacionadas à segurança (ICAO, 2018). Eles também podem ser revelados pelas análises de dados de segurança, apontando tendências adversas e prevendo perigos emergentes. As análises dos riscos ligados a perigos emergentes também são fontes importantes para as organizações se prepararem para

situações críticas (ICAO, 2018). A operação indevida de sUAS é um perigo emergente e por isso é importante que seus dados sejam analisados.

Os perigos são inerentes à aviação, no entanto, a sua manifestação e possíveis consequências adversas podem ser trabalhadas com estratégias de mitigação que visam evitar que os perigos resultem em condições inseguras (ICAO, 2018). A aviação pode coexistir com perigos desde que sejam controlados. Nesse sentido, é essencial que haja uma compreensão clara dos perigos e das suas consequências.

A avaliação do risco inclui a análise da probabilidade e da severidade das consequências dos perigos identificados e deve ocorrer de forma abrangente, tendo em conta a pior situação possível. Para a ICAO (2018), a análise da probabilidade deve considerar o histórico de ocorrências semelhantes e o tempo de exposição aos perigos. Para a análise de severidade, deve-se observar a possibilidade de lesões, fatalidades, danos às aeronaves, aos equipamentos de tráfego aéreo e aos aeródromos, ou seja, a extensão dos danos que podem ser esperados como resultado do perigo identificado.

Essa etapa ocorre com o auxílio da matriz de avaliação e da tabela de tolerabilidade de riscos à segurança. Dependendo dos resultados encontrados, medidas mitigadoras devem ser tomadas para adequar os níveis de risco ao grau de tolerância específico de cada organização. Sugestões de tabelas para análise de probabilidade, severidade e tolerabilidade, bem como da matriz do risco à segurança operacional constantes no Doc 9859 (ICAO, 2018) encontram-se na Figura 5 (Anexo A). O grau de detalhe e a complexidade das tabelas e da matriz devem ser ajustados conforme as especificidades e necessidades de cada organização. Neste trabalho, a aplicação desses conceitos se deu de maneira genérica, já que se trata de todo o espaço aéreo brasileiro.

A mitigação dos riscos tem por objetivo sua redução a um nível aceitável, por meio da aplicação de controles adequados que devem ser equilibrados em relação ao tempo, custo e grau de dificuldade de aplicá-los. O nível de risco à segurança pode ser controlado reduzindo a gravidade das consequências potenciais, a probabilidade de ocorrência ou a exposição. Segundo a ICAO (2018), é mais fácil e mais comum reduzir a probabilidade do que a gravidade, o que pode ser aplicado à operação de sUAS.

Esse processo de gerenciamento do risco deve ser realizado continuamente, já que o sistema de aviação está em constante mudança (ICAO, 2018). Nesse sentido, alguns perigos e riscos associados podem mudar ao longo do tempo, assim como novos perigos podem ser introduzidos a qualquer momento. Aliado a isso, a eficácia das estratégias de mitigação implementadas deve ser monitorada para determinar se são necessárias ações subsidiárias. Esses conceitos estão alinhados com a compreensão vislumbrada por este trabalho, uma vez que a operação de aeronaves não tripuladas configura como a introdução de um novo perigo no espaço aéreo que necessita de ações complementares de segurança.

Assim como a ICAO, a *European Union Aviation Safety Agency* (EASA) se empenha em produzir material guia visando operações aéreas cada vez mais seguras. O *Drone Incident Management*

at *Aerodromes* da EASA (2021), uma das poucas referências existentes sobre o tema, tem por objetivo “[...] fornecer orientações, recomendações e melhores práticas [...]” (EASA, 2021, p. 2, tradução nossa), indicando como responder a drones não autorizados nas redondezas dos aeródromos, e traz que:

Neste contexto, deve-se mencionar que a autoridade competente para a supervisão do aeródromo deve implementar a coleta e análise de dados no âmbito do seu **processo de gerenciamento dos riscos à segurança do Estado**, a fim de determinar se existem ações necessárias para melhor mitigar os riscos existentes, por exemplo, adaptando os requisitos nacionais e material de orientação ou exigindo soluções tecnológicas C-UAS<sup>1</sup> (EASA, 2021, p. 59, grifo do autor, tradução nossa).

Ainda segundo a EASA (2021), os riscos decorrentes de operações não autorizadas de aeronaves não tripuladas precisam ser monitorados continuamente, reavaliados regularmente e gerenciados. Nesse sentido, corroborando esses princípios, o presente trabalho prestou-se a realizar uma ampla coleta e análise de dados referentes a ocorrências envolvendo aeronaves não tripuladas de pequeno porte em todo o Brasil. A intenção foi justamente a de prover subsídios para a tomada de ações visando mitigar os riscos ou adotar soluções para detecção e identificação de aeronaves não tripuladas.

A segurança da aviação é dinâmica. Novos perigos e riscos à segurança surgem continuamente e devem ser mitigados. Enquanto esses riscos forem mantidos sob um nível de controle adequado, um sistema tão aberto e mutável como o da aviação ainda pode ser mantido seguro (ICAO, 2018). Para tanto, pesquisas voltadas para análise de dados de segurança, como a realizada neste estudo, são fundamentais para produção de novos conhecimentos a respeito de um assunto tão dinâmico e complexo como é a operação de aeronaves não tripuladas.

### 3 METODOLOGIA

Diante da questão que motivou o presente artigo e da base teórica que apoiou as análises, foram delineados os processos metodológicos que definiram os passos a serem adotados durante o estudo. Nesse sentido, o objetivo geral foi analisar o impacto da operação de sUAS para o DECEA de 2022 a 2023. Para atingi-lo, foi desenvolvida uma pesquisa descritiva, segundo seus propósitos mais gerais, visando analisar a relação entre duas variáveis: a operação de sUAS e o DECEA.

A delimitação temporal considerada, que abrange o período compreendido entre 2022 e 2023, foi utilizada em razão da disponibilidade dos dados. Nos sistemas do DECEA, as primeiras ocorrências relacionadas a sUAS foram registradas em 2022. Os eventos de 2024 não foram apreciados uma vez que, como o ano ainda está em curso e os dados são sazonais e não lineares, poderiam induzir a falsas

---

<sup>1</sup> *Counter Unmanned Aircraft System (C-UAS)* refere-se a “sistema ou dispositivo capaz de desabilitar, interromper ou assumir o controle de um sistema de aeronave não tripulada de forma legal e segura” (NATO, 2024, tradução nossa).

interpretações. Esse recorte temporal foi considerado uma limitação da pesquisa e, por consequência, dos resultados, por se tratar de um curto espaço de tempo que restringe a análise de tendências. No entanto, há que se considerar que os regulamentos afetos aos sUAS são recentes e que a compreensão do seu comportamento no espaço aéreo junto aos demais vetores que nele evoluem é alvo de estudos ainda em andamento. Dessa forma, entende-se que os eventos relevantes passíveis de serem analisados foram contemplados. Outro fator limitante foi a falta de um sistema de reporte dedicado às ocorrências envolvendo sUAS. Para tanto, a aplicação dos referenciais teóricos deu suporte à análise dos dados.

Para satisfazer o OG, foram estabelecidos cinco objetivos específicos (OE). Em cumprimento ao OE1) Definir o conceito de sUAS para o âmbito do presente trabalho, foi realizada uma pesquisa documental no arcabouço legal dos órgãos públicos brasileiros responsáveis por regular a atividade, como a ICA 100-40 (Brasil, 2023a), o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial (RBAC-E) nº 94 (ANAC, 2023) e a plataforma *online* da ANATEL. Também foram considerados os conceitos presentes no *Unmanned Aviation Bulletin 2020/1* (ICAO, 2020), que traz os termos conhecidos mundialmente.

Em um segundo passo, para atingir o OE2) Definir o conceito de DECEA para o âmbito do presente trabalho, foi realizada uma pesquisa nas legislações brasileiras, partindo da mais ampla, a Constituição Federal de 1988, para a mais específica, em que se encontram os critérios estabelecidos pelo DECEA para a operação de sUAS no Brasil, a já citada ICA 100-40. Também foram alvos de apreciação o Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA), o Decreto 11.237, de 18 de outubro de 2022 e a Diretriz 007/SDAD/2018, que institui a visão do DECEA. Os princípios basilares da visão do DECEA, segurança, fluidez e eficiência, nortearam as pesquisas seguintes para alcançar os demais OE.

Definidos os conceitos balizadores, passou-se à captação dos dados. Para satisfazer o OE3) Identificar as ocorrências de impactos na fluidez e eficiência do tráfego aéreo causados pela operação de sUAS no Brasil de 2022 a 2023, os dados necessários foram extraídos dos registros do Sistema de Informações do *Air Traffic Flow Management* (SIATFM) do Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (CGNA). Esse sistema é responsável pela estruturação das operações diárias envolvidas no gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo. Para possibilitar uma análise relativa, foi considerado o número total de movimentos (soma de pousos e decolagens) dos aeródromos brasileiros obtidos no Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo de 2023 (Brasil, 2023b).

Episódios de operações irregulares ou indevidas de sUAS podem afetar a fluidez do tráfego aéreo. Quando uma aeronave reporta o avistamento de um sUAS próximo da sua trajetória, os controladores de tráfego aéreo tomam medidas necessárias para evitar interferências com a rota de outras aeronaves e até possíveis colisões. Essas medidas podem acarretar a interrupção das operações de pouso e/ou decolagem de um aeródromo, a realização de esperas em voo pelas aeronaves que se dirigiam para o pouso ou a necessidade de algumas aeronaves alternarem seu destino. Tais providências trazem consequências,

necessitando de ajustes no gerenciamento do fluxo. Essas ocorrências são inseridas no SIATFM pelo Gerente Nacional de Fluxo (GNAF), militar de serviço “responsável por coordenar e acompanhar a aplicação de medidas táticas de gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo (medidas ATFM táticas) em toda área de responsabilidade do serviço *Air Traffic Flow Management* (ATFM) nacional” (Brasil, [2014?]).

Prosseguindo na coleta de dados e visando cumprir o OE4) Identificar as ocorrências de impactos na segurança operacional envolvendo sUAS reportadas nos sistemas do DECEA de 2022 a 2023, iniciou-se pela consulta no banco de dados do Sistema de Informações Gerenciais do Subsistema de Segurança Operacional no Controle do Espaço Aéreo (SIGCEA). O SIGCEA é o sistema de uso do DECEA que permite o trâmite e o armazenamento de informações relativas à segurança operacional no controle do espaço aéreo. Dele puderam ser extraídas planilhas contendo dados sobre ocorrências de tráfego aéreo. A partir dos dados brutos, foi possível especificar a pesquisa, consultando individualmente os reportes envolvendo aeronaves não tripuladas, a fim de se captar mais detalhes.

Ocorrência de tráfego aéreo, segundo a ICA 81-1, é a “Circunstância em que ocorreu uma situação de anormalidade na prestação dos Serviços de Tráfego Aéreo, considerando as normas e os procedimentos aplicáveis ao ANS [*Air Navigation Service*], exigindo a adoção de medidas preventivas e/ou corretivas [...]” (Brasil, 2023c, p. 13). Essas ocorrências são classificadas de acordo com o grau de comprometimento da segurança operacional, considerando a proximidade entre aeronaves ou entre aeronaves e obstáculos.

As investigações de ocorrências de tráfego aéreo têm por finalidade prevenir acidentes e incidentes aeronáuticos, bem como incidentes de tráfego aéreo por meio da identificação dos fatores contribuintes e da emissão de recomendações. De acordo com o MCA 63-17, os fatores contribuintes em questão são referentes ao desempenho do controlador no exercício das suas atividades e aos seus aspectos fisiológicos e psicológicos, ao desempenho dos pilotos nas atividades relacionadas aos serviços de tráfego aéreo prestados às aeronaves e ao funcionamento da infraestrutura utilizada para a prestação dos serviços de tráfego aéreo (Brasil, 2013).

Por meio dessas definições fica claro que não existem fatores contribuintes ligados aos operadores de aeronaves não tripuladas, uma vez que esses não interagem com os controladores, pois não há comunicação rádio, ou seja, não há prestação de serviço de tráfego aéreo. Suas operações devem ocorrer de maneira segregada. Não há como atuar diretamente na operação das aeronaves não tripuladas, uma vez que esses vetores não transmitem informações de posicionamento, não sendo possível identificá-los nem precisar a distância entre eles e as aeronaves.

Assim, o que está previsto em norma atualmente é que os avistamentos de sUAS, realizados pelos controladores de tráfego aéreo ou reportados pelos pilotos, não são classificados como ocorrências de tráfego aéreo, sendo considerados eventos de reporte mandatório apenas quando tenham causado impacto direto na segurança operacional, com o objetivo de compor a base de dados (Brasil, 2023c). Caso não

tenham causado impacto, devem ser enviados a seus programas específicos, ou seja, aos setores pertinentes. Como não há uma ferramenta dedicada para registrar ocorrências de sUAS e seus reportes se revestem de grande subjetividade, entende-se que muitos eventos podem deixar de serem computados.

Considerando o que preconiza atualmente a ICA 100-40 (Brasil, 2023a), em que os sUAS devem evoluir do solo até 400 *feet* (ft), as operações irregulares e não previstas podem impactar a aviação tripulada nos setores de aproximação, pouso e decolagem dos aeródromos. Sendo assim, a pesquisa se estendeu aos sistemas que coletam dados reportados nesses setores.

Dessa forma, foram considerados também os reportes de avistamentos captados por meio de Relatórios de Segurança da Aviação Civil contra Atos de Interferência Ilícita (RELSEC) e do SIATFM, pesquisados no passo anterior. As ocorrências relatadas por RELSEC incluem situações com potencial para atos de interferência ilícita no controle do espaço aéreo, em especial os que possam interferir na condição normal das operações de órgãos e elos do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) (Brasil, 2023d). Os relatórios são preenchidos via *website* do DECEA pelos elos de Segurança da Aviação Civil contra Atos de Interferência Ilícita (AVSEC) dos aeroportos. Foram considerados os reportes de avistamentos de drones não autorizados próximos aos aeródromos brasileiros, cujas principais fontes são as equipes de solo. Isso contemplou um olhar mais abrangente, indo além dos reportes do SIGCEA, em que as fontes são os controladores de tráfego aéreo e os pilotos.

Portanto, todas as fontes existentes de reportes envolvendo sUAS foram utilizadas neste trabalho (SIATFM, SIGCEA e RELSEC), cada uma no seu âmbito de atuação, captando informações específicas de acordo com suas finalidades. Os dados foram comparados e os relatos duplicados foram excluídos. Para auxiliar a análise, a teoria da Pirâmide de Heinrich balizou a distribuição das ocorrências, das mais simples às mais críticas.

Para expor os dados coletados em cumprimento ao OE3 e ao OE4, foram utilizados quadros, tabelas e porcentagens, ferramentas que constituem métodos de Estatística Descritiva, que visam “organizar, resumir e descrever os aspectos importantes de um conjunto de características observadas” (Reis; Reis, 2002, p. 5). Os dados foram representados de modo que se pudesse extrair as informações necessárias para a interpretação dos resultados por meio de exame simples (Sampaio, Assumpção, Fonseca, 2018), proporcionando uma visão abrangente da situação. Além da Pirâmide de Heinrich, a Teoria do Queijo Suíço, bem como os princípios de gerenciamento do risco (probabilidade e severidade) deram suporte às análises dos dados de segurança operacional. Dessa forma, foi possível atingir o OE5) Demonstrar o impacto geral da operação sUAS para o DECEA de 2022 a 2023.

Por conseguinte, por meio da análise descritiva, que se propõe a “facilitar a compreensão e interpretação dos resultados” (Reis; Reis, 2002, p. 60), foi possível analisar o impacto da operação de sUAS para o DECEA de 2022 a 2023, à luz dos referenciais teóricos apresentados, cumprindo o objetivo

geral proposto e estabelecendo a relação entre a operação de sUAS e o DECEA, com o intuito de produzir conhecimentos e informações para embasar futuras decisões afetas ao assunto.

## 4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Embasados pelos referenciais teóricos e conforme a metodologia descrita, foram apresentados neste capítulo os resultados da pesquisa bem como suas análises. Primeiramente foram apresentados os conceitos e, em seguida, os dados coletados. Por fim, a análise geral das informações obtidas possibilitou o cumprimento do objetivo geral proposto.

### 4.1 DEFINIÇÃO DO CONCEITO DE SUAS

Com o fito de atingir OE1 e diante da grande gama de conceitos que envolvem a operação das aeronaves não tripuladas, foi necessário descrever o conceito de sUAS para o âmbito do presente trabalho. Assim, foi realizada consulta à legislação do DECEA pertinente ao assunto, a ICA 100-40 (Brasil, 2023a), cujo prefácio discute o imbróglio que envolve a terminologia utilizada para os diferentes tipos de drones, trazendo os termos abordados pela ICAO. As *Unmanned Aircraft* (UA) são divididas, de acordo com a ICAO (2020), entre aeromodelos, balões livres, *Remotely Piloted Aircraft* (RPA) e *Small Unmanned Aircraft* (sUA), como ilustrado na Figura 3. Os aeromodelos são versões reduzidas de aeronaves reais, usadas para fins recreativos no esporte ou passatempo do aeromodelismo. Os balões livres não tripulados são aqueles que não são motorizados e são mais leves que o ar em voo livre.

**Figura 3 -** Termos chave para a aviação não tripulada.



**Fonte:** ICAO (2020, p.2).

Já os RPA são aeronaves mais complexas, que podem voar em altitudes maiores, são pilotadas remotamente a partir de estações de comando semelhantes às cabines de aeronaves, requerendo *links* de comando e controle e pilotos devidamente licenciados capazes de exercer a responsabilidade pelo voo (ICAO, 2020). Espera-se que futuramente um outro subconjunto de RPA seja integrado ao espaço aéreo,

incluindo operações internacionais sob regras de voo por instrumentos, o que exigirá certificação regulatória completa. No Brasil, atualmente, as únicas RPA autorizadas a operar são as pertencentes às Forças Armadas e devem fazê-lo de forma segregada das demais aeronaves tripuladas, em espaço aéreo exclusivamente destinado a elas, sem evolução de outras aeronaves.

Finalmente, os *sUA* são definidos, de acordo com a ICAO (2020), como um subconjunto de UA menores que geralmente pesam menos de 25 kg e são popularmente conhecidos como drones. A ICA 100-40 (Brasil, 2023a) apresenta essa mesma definição e entendimento, porém traz o termo “Pequena aeronave não tripulada”. Além disso, apresenta o significado da sigla UAS, *Unmanned Aircraft System*, que, em português, pode-se traduzir por “sistema de aeronave não tripulada”, porém não adota a sigla sUAS. Apesar disso, por simplificação e seguindo a literatura mundial, este trabalho se referiu ao objeto de estudo como sUAS, sistemas de aeronaves não-tripuladas de pequeno porte, em que sistema se refere à aeronave em si juntamente aos elementos associados necessários para a operação sem piloto a bordo.

A operação de sUAS no Brasil deve seguir regras estabelecidas pela ANATEL, ANAC e DECEA e os operadores devem buscar esses órgãos para se regularizarem. A ANATEL, como responsável por regular e fiscalizar as telecomunicações, deve certificar a operação de drones (termo utilizado pela agência) para evitar a interferência de suas frequências e de suas tecnologias de comunicação avançadas com outros dispositivos, como os de controle de tráfego aéreo e as redes de comunicação móvel (ANATEL, 2024).

À ANAC, autoridade responsável por fiscalizar e regular as atividades da aviação civil, compete, entre outras atribuições, autorizar e fiscalizar a “exploração de serviços aéreos, emitir certificados de aeronavegabilidade atestando aeronaves [...] certificar licenças e habilitações dos profissionais de aviação civil” (ANAC, 2024). Com relação às aeronaves não tripuladas, foi emitido o RBAC-E nº 94, em que os sUAS são denominados como Aeronaves Remotamente Pilotadas (*Remotely Piloted Aircraft – RPA*) e se enquadram na classe 3, com peso máximo de decolagem menor ou igual a 25 kg (ANAC, 2023). Conforme o citado regulamento, as RPA com mais de 250 g necessitam de cadastro junto à ANAC, porém aos pilotos exige-se apenas que sejam maiores de 18 anos (ANAC, 2023). Habilitações só são necessárias para operar aeronaves com mais de 25 kg.

O DECEA permite o acesso seguro dos sUAS ao espaço aéreo brasileiro por meio da emissão de autorizações especiais via Sistema SARPAS. Atuações de sUAS comumente solicitadas via SARPAS ocorrem para viabilizar atividades como inspeções de estruturas, aerolevanteamento, operações de segurança pública, inspeção de linhas de transmissão, entre outras. Maiores detalhes sobre critérios de acesso serão explorados na próxima seção.

Nesse trabalho inicial de pesquisa, observou-se o esforço do DECEA em padronizar e divulgar os termos concernentes à operação de aeronaves não-tripuladas, baseando-se nas publicações da ICAO, em busca do entendimento comum da comunidade aeronáutica brasileira, apesar do uso de nomenclaturas

diversas por outras autoridades. A dificuldade desse trabalho se dá por se tratar de uma tecnologia de evolução rápida e dinâmica. Muitos estudos ainda estão em andamento e o DECEA busca a cada dia compreender melhor os requisitos operacionais e as possibilidades de integração dessas plataformas ao espaço aéreo.

## 4.2 DEFINIÇÃO DO CONCEITO DE DECEA

Para possibilitar a correta relação entre as variáveis e cumprir o OE2, foram consultadas diversas legislações para chegar-se ao conceito adequado de DECEA. Inicialmente, é relevante compreender o arcabouço jurídico que envolve o controle do espaço aéreo, partindo do abrangente para o específico.

A Constituição Federal, de uma forma genérica, estabelece que haverá lei dispondo sobre o transporte aéreo (Brasil, 1988). Isso foi cumprido pela Lei nº 7565, que dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA). Esse, por sua vez, determina que o COMAER é a autoridade aeronáutica que tem a atribuição de gerir, normatizar, coordenar, controlar e fiscalizar a navegação aérea e o tráfego aéreo (Brasil, 1986). Nesse sentido, ficou instituído pelo Decreto 11.237 que o DECEA é a Organização do COMAER que tem por finalidade “planejar, gerenciar e controlar as atividades relacionadas ao controle do espaço aéreo, à proteção ao voo, ao serviço de busca e salvamento e às telecomunicações do Comando da Aeronáutica” (Brasil, 2022b).

Levando em conta o artigo 1º do CBA que traz “O Direito Aeronáutico é regulado pelos Tratados, Convenções e Atos Internacionais de que o Brasil seja parte, por este Código e pela legislação complementar” (Brasil, 1986), o DECEA segue a documentação emitida pela ICAO, organização da qual o Brasil é país signatário. Nesse sentido, o artigo 8º da Convenção da Aviação Civil Internacional, cuja última modificação data de 2006, dispõe que:

Nenhuma aeronave capaz de voar sem piloto voará sem ele sobre o território de um Estado Contratante, a menos que haja autorização especial desse Estado e de acordo com os termos dessa autorização. Cada Estado Contratante compromete-se a garantir que os voos dessas aeronaves sem piloto nas regiões abertas à navegação de aeronaves civis sejam controlados de forma a evitar qualquer perigo para as aeronaves civis. (ICAO, 2006, p. 5, tradução nossa).

Dessa forma, fica estabelecida a necessidade de regular o acesso dessas aeronaves ao espaço aéreo, tarefa que compete ao DECEA, realizada por meio da ICA 100-40. Atualmente as operações de sUAS com peso máximo de decolagem de 25 kg, em que os pilotos mantenham contato visual direto com a aeronave não tripulada durante a operação e que voem até 400 ft acima do solo são permitidas, desde que cumpram determinadas restrições de distâncias em relação aos aeroportos (Brasil, 2023a).

Esse conjunto de regras constituem medidas tomadas pelo DECEA visando constituir barreiras, como constante na Teoria do Queijo Suíço de James Reason (1990), para viabilizar a operação segura de

sUAS sem interferir nas operações das demais aeronaves. Mais do que uma incumbência pertinente ao DECEA, integrar esse segmento aeronáutico ao espaço aéreo brasileiro é um objetivo totalmente alinhado com a visão daquele Departamento: “Ser reconhecido como referência global em segurança, fluidez e eficiência no gerenciamento e controle integrado do espaço aéreo” (Brasil, 2018, p. 1). Nesse diapasão, os princípios basilares da visão do DECEA, segurança, fluidez e eficiência, nortearam as pesquisas para alcançar os demais objetivos específicos e, em consequência, o objetivo geral do trabalho.

#### 4.3 OCORRÊNCIAS DE IMPACTOS NA FLUIDEZ E EFICIÊNCIA DO TRÁFEGO AÉREO CAUSADOS PELA OPERAÇÃO DE SUAS NO BRASIL DE 2022 A 2023.

Após a definição dos conceitos basilares, foi procedida à coleta de dados, iniciando pelos dados referentes a impactos na fluidez e eficiência do tráfego aéreo causados pela operação de sUAS, em cumprimento ao OE3. Nesse sentido, foram considerados impactos todas as vezes que a interrupção das operações dos aeroportos resultou na necessidade de realização de esperas pelas aeronaves em voo ou a alternância do local de pouso. Para obtenção desses dados, foram realizadas consultas no SIATFM do CGNA e, para fins de comparação, foram acrescentados os números totais de movimentos (soma de pousos e decolagens) dos aeródromos brasileiros constantes no Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo de 2023 (Brasil, 2023b). Os resultados compilados encontram-se no Quadro 1:

**Quadro 1** - Dados de ocorrências de impactos na fluidez do tráfego aéreo causados por sUAS de 2022 a 2023.

ANO/ TOTAL MOVIMEN- TOS ANUAIS	HOUVE IMPACTO NAS OPERA- ÇÕES?	Nº VEZES	TEMPO MÉDIO PARA- LISA- ÇÃO	TOTAL ANVS EM ESPERA	TOTAL VOOS ALTER- NADOS	AERÓDRO- MO MAIS VEZES IMPACTADO	Nº VEZES	OUTROS AERÓ- DROMOS
2022 2.644.189	SIM	11	00:36	—	—	SBSP	3	SBBR (2), SBCF, SBGR, SBJR, SBKP, SBRJ, SBSV.
	NÃO	5	00:26	—	—	—	—	SBCG, SBCO, SBME, SBMT, SBSP.
2023 2.807.732	SIM	9	00:27	92	12	SBGR	3	SBRJ (2), SBCF, SBFL, SBSP, SBSV.
	NÃO	3	00:18	—	—	—	—	SBCG, SBFL, SBGR.

**Fonte:** A autora.

Os dados mostram os impactos reportados no sistema relacionados a paralisações e suspensões totais ou parciais de operações nos aeródromos. Em alguns casos, a suspensão das operações não impactou por não haver aeronaves próximas à decolagem ou pouso. Em outros, as operações continuaram, porém com restrições, como troca de procedimentos em uso e limitação da direção da curva após a decolagem.

A despeito dos movimentos totais dos aeródromos brasileiros terem aumentado, percebe-se uma queda nos registros de impactos de 2022 para 2023. No ano de 2022 não constam dados de esperas e alternados, porém entende-se que podem ter ocorrido e não tenham sido reportados. Pode-se inferir que essa falta de informações evidencia uma baixa cultura organizacional de reportes detalhados sobre o assunto. Assim, o ano de 2023 apresenta dados mais completos para embasar uma análise mais robusta. Os eventos que impactaram as operações referentes ao ano de 2023 estão pormenorizados abaixo:

**Quadro 2** - Dados de ocorrências de impactos na fluidez do tráfego aéreo causados por sUAS em 2023.

LOCAL	TOTAL ANVS EM ESPERA	TOTAL VOOS ALTERNADOS	OCORRÊNCIA	DATA	TEMPO
SBFL	2	---	SUSPENSÃO DAS OPERAÇÕES.	31/01/2023	00:16
SBRJ	---	8	RESTRIÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA POUOSOS.	02/02/2023	01:20
SBGR	35	4	SUSPENSÃO DAS OPERAÇÕES.	26/03/2023	00:33
SBGR	12	---	RESTRIÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA POUOSOS.	26/03/2023	00:07
SBSV	4	---	SUSPENSÃO DAS OPERAÇÕES.	13/07/2023	00:10
SBRJ	7	---	SUSPENSÃO DAS OPERAÇÕES.	22/08/2023	00:10
SBCF	1	---	SUSPENSÃO DAS OPERAÇÕES.	12/09/2023	00:15
SBSP	19	---	SUSPENSÃO DAS OPERAÇÕES EM CONGONHAS E DAS DECOLAGENS DA FIR-CW, FIR-BS, TMA-RJ E TMA-BH COM DESTINO A CONGONHAS DEVIDO A DRONE NA TERMINAL.	10/11/2023	00:47
SBGR	12	---	SUSPENSÃO DAS OPERAÇÕES.	19/11/2023	00:23

Fonte: A autora.

Observa-se que os eventos mais expressivos de 2023 em termos de tempo de paralisação, números de esperas e voos alternados se deram nos aeródromos de Congonhas (SBSP), Guarulhos (SBGR) e Santos Dumont (SBRJ). Em SBSP, os impactos foram extensivos a aeronaves provenientes de outros aeroportos e até de outras terminais e regiões de voo. Para que se tenha dimensão relativa do impacto gerado pelas ocorrências reportadas, foram considerados os movimentos totais dos aeródromos envolvidos. Para tanto, foi calculada a porcentagem de movimentos impactados considerando a soma de esperas e alternados no ano de 2023 para cada aeródromo e total. Os resultados encontram-se abaixo:

**Tabela 1** - Ranking de aeródromos por número de movimentos e percentual de movimentos impactados em 2023.

Aeródromos	SBGR	SBSP	SBRJ	SBCF	SBSV	SBFL	TOTAL
Posição no ranking do Brasil de movimentos totais/ano	1°	2°	5°	6°	9°	19°	---
Total esperas e alternados	63	19	15	1	4	2	104
Movimentos 2023	276.809	232.374	123.234	98.958	77.657	46.241	855.273
% Movimentos impactados	0,022	0,008	0,012	0,001	0,005	0,004	0,012

Fonte: A autora.

De acordo com os dados apresentados, observa-se que, em relação ao volume de movimentos, os aeródromos mais impactados foram Guarulhos e Santos Dumont. No entanto, em um universo de mais de 276 mil movimentos em SBGR em 2023, um percentual de 0,022 movimentos atingidos (2,2 esperas/alternados a cada 10 mil movimentos) não configura grande impacto nas operações ao longo de um ano. Da mesma forma ocorre em SBRJ, em que dois eventos com sete aeronaves realizando esperas

e oito voos alternados representam 0,012% de impacto, ou 1,2 espera/alternado a cada 10 mil movimentos também tem pouca expressividade. Considerando a soma dos movimentos anuais de todos os seis aeroportos afetados em 2023 e o total de esperas e alternados desses aeródromos, o impacto relativo também foi de 0,012%, ou 1,2 espera/alternado a cada 10 mil movimentos. Em geral, a presença indevida de aeronaves não tripuladas nas proximidades dos aeródromos mais movimentados, como SBGR, SBSP e SBRJ, afetou mais tráfegos do que em aeródromos menos movimentados.

#### 4.4 OCORRÊNCIAS DE IMPACTOS NA SEGURANÇA OPERACIONAL ENVOLVENDO SUAS REPORTADAS NOS SISTEMAS DO DECEA DE 2022 A 2023.

Visando cumprir o OE4, foram realizadas consultas nos sistemas do DECEA para identificar as ocorrências de impactos na segurança operacional. Como não há um sistema dedicado às ocorrências envolvendo sUAS, as pesquisas se deram em todos os sistemas do DECEA que captaram dados de reportes de aeronaves não tripuladas evoluindo de maneira indevida no espaço aéreo. Apesar de, aparentemente, alguns avistamentos não terem interferido diretamente na segurança operacional, eles representam potenciais ameaças e devem ser objetos de análise, como pacificado nos estudos de Heinrich (1931), compondo a base da pirâmide.

Considerando que os reportes envolvendo sUAS não têm uma classificação própria, foi utilizada como referência a Pirâmide de Heinrich (Heinrich, 1931). Para tanto, uma análise mais acurada de cada reporte foi necessária. Foram coletados 86 registros do SIGCEA, 60 do RELSEC e 34 do SIATFM. Esses 180 reportes foram analisados um a um e comparados entre si, desconsiderando os reportes duplicados, chegando-se a um número final de 124.

Estabelecendo-se uma correspondência entre acidentes sem lesões, com lesões leves e com lesões graves/morte, considerados por Heinrich (1931), optou-se por dividir os reportes entre avistamentos, avistamentos de sUAS mais próximos às aeronaves e quase colisões/colisões, respectivamente. A distribuição dos reportes foi baseada no conteúdo dos relatos. A seguir, no Quadro 3, verifica-se o resultado da coleta dos dados:

**Quadro 3** - Reportes de ocorrências relacionadas à segurança operacional de 2022 a 2023. (continua)

ANO	TIPO DE IMPACTO	QUANTIDADE	AERÓDROMO MAIS VEZES IMPACTADO	QUANTIDADE	OUTROS AERÓDROMOS
2022	AVISTAMENTO	33	SBRJ	8 (24%)	SBGO (3), SBLO (3), SBSP (3), SBBH (2), SBBR (2), SBCF, SBCG, SBCO, SBGR, SBGW, SBIL, SBJR, SBME, SBMT, SBPR, SBRP, SBSV.
	PROXIMIDADE COM ANV	6	SBSP	3 (50%)	SBBR, SBGL, SBKP.
	QUASE COLISÃO	—	—	—	—

(conclusão)

ANO	TIPO DE IMPACTO	QUANTIDADE	AERÓDROMO MAIS VEZES IMPACTADO	QUANTIDADE	OUTROS AERÓDROMOS
2023	AVISTAMENTO	50	SBRJ	13 (26%)	SBGR (3), SBCB (2), SBCF (2), SBCY (2), SBFL (2), SBGO (2), SBKP (2), SBNF (2), SBRP (2), SBSV (2), SBVT (2), SBAR, SBBH, SBCT, SBCG, SBGL, SBJH, SBJR, SBLO, SBMG, SBMQ, SBMT, SBSP, SBUR, SBYS.
	PROXIMIDADE COM ANV	11	SBGR	3 (27%)	SBBH, SBCB, SBFL, SBGL, SBJR, SBKP, SBRJ, SBSP.
	QUASE COLISÃO	1	SBSP	1 (100%)	---

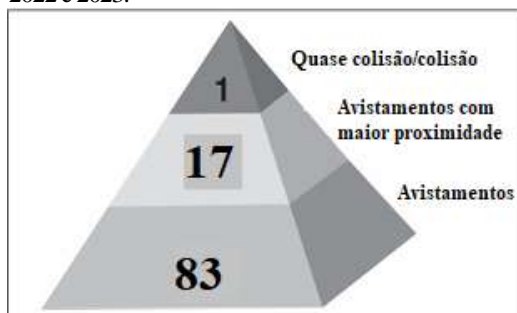
Fonte: A autora.

Analisando os dados expostos, verificou-se o acréscimo de eventos em 2023, quando comparado ao ano de 2022, com um aumento de 51% nos avistamentos de sUAS e de 83% nos casos em que houve maior proximidade entre sUAS e aeronaves. Nesse sentido, observou-se também que o leque de aeroportos atingidos foi ampliado. O Aeroporto Santos Dumont foi o mais afetado em termos de avistamentos, tanto em 2022, quanto em 2023, com aproximadamente 25% do total. Com relação aos reportes de sUAS mais próximos às aeronaves, os eventos mais prevalentes se deram em Congonhas, em 2022, e em Guarulhos em 2023. O evento mais crítico foi registrado em Congonhas em 2023.

Nesse caso, foi reportada quase colisão com sUAS na posição Itaquera e em altitude estimada pela tripulação de 4000 ft. Nesse local, de acordo com a Carta de Corredores Visuais de Rotas Especiais de Aeronaves da Terminal São Paulo (CCV REA TMA-SP 2) (Brasil, 2021), constante no Anexo B, o relevo tem altitude aproximada de 2800 ft e as aeronaves devem voar entre 3700 e 4000 ft. Considerando que os sUAS devem voar a no máximo 400 ft acima do solo, a aeronave não tripulada em questão deveria estar, no máximo, a 3200 ft. Portanto, ela estava pelo menos 800 ft acima do limite permitido.

Em geral, o perfil de ocorrências traçado revela correspondência com a Pirâmide de Heinrich (Heinrich, 1931), com a base mais larga, composta pelos eventos menos críticos, e o topo composto por eventos mais críticos em menor quantidade (Figura 4). Como visto, no recorte temporal observado, houve aumento de reportes de avistamentos, o que pode significar que existe a possibilidade de aumento de eventos mais graves se medidas preventivas não forem tomadas.

**Figura 4** – Total de ocorrências envolvendo sUAS em 2022 e 2023.



Fonte: A autora.

#### 4.5 IMPACTO GERAL DA OPERAÇÃO DE SUAS PARA O DECEA DE 2022 A 2023.

A análise geral e a correlação dos dados apresentados permitiram o cumprimento do OE5 e, por consequência, do objetivo geral do trabalho.

Com relação à fluidez e à eficiência do tráfego aéreo, foi observada uma diminuição de eventos de 2022 para 2023, a despeito do número total de movimentos ter aumentado. Os dados relativos a 2023 foram esmiuçados por proporcionarem mais detalhes à análise. Os aeródromos mais afetados foram Guarulhos e Santos Dumont. Porém, considerando o volume de pousos e decolagens desses aeródromos, avalia-se que os eventos ocorridos, o número de esperas por aeronaves em voo e de voos que alternaram seus destinos foram poucos diante do total de movimentos anuais. Em SBGR, foram 2,2 esperas/alternados a cada 10 mil movimentos e em SBRJ houve 1,2 espera/alternado a cada 10 mil movimentos. O impacto do total de esperas e voos alternados em relação à soma dos movimentos anuais de todos os seis aeroportos afetados em 2023 também foi de 1,2 espera/alternado a cada 10 mil movimentos.

Com relação aos reportes afetos à segurança operacional, de 2022 para 2023, verificou-se um aumento de 51% nos avistamentos de sUAS e de 83% nos casos em que houve maior proximidade entre sUAS e aeronaves. O Aeroporto Santos Dumont foi o que mais registrou avistamentos em 2022 e em 2023, representando cerca de 25% do total. Quanto aos relatos de sUAS mais próximos às aeronaves, os incidentes ocorreram com maior frequência em Congonhas, em 2022, e em Guarulhos, em 2023. Foi em Congonhas onde se deu o evento mais crítico, em 2023, que representou um risco significativo às operações das aeronaves, considerando o intenso fluxo naquela área. Nessas circunstâncias, uma colisão poderia ser catastrófica, dependendo do tipo de aeronave e da parte da sua estrutura atingida, podendo gerar efeitos desastrosos extensivos às pessoas em solo. Para apurar a análise dos dados de segurança operacional, recorreu-se aos conceitos de gerenciamento do risco.

Os princípios de gerenciamento do risco, de acordo com a ICAO (2018), levam em conta os perigos e a análise abrangente das suas piores consequências possíveis. O estudo dos reportes coletados auxilia nesse procedimento. Nesse diapasão, entende-se que o perigo é a operação indevida de sUAS em áreas próximas aos aeródromos e a pior consequência é a colisão entre aeronaves tripuladas e não tripuladas, que pode ter resultados catastróficos.

De acordo com a ICAO (2018), para a análise de probabilidade deve-se considerar o histórico de ocorrências similares e o tempo de exposição ao perigo. Assim, levando em conta que foi observado um aumento nos reportes de 2022 para 2023 e que o controle de tráfego aéreo está permanentemente exposto às operações irregulares de sUAS, não sendo possível prevêê-las, deduz-se que a probabilidade de ocorrência de eventos mais graves, como colisões ou quase colisões, pode estar aumentando.

Com relação à severidade, deve-se observar a possibilidade de lesões, mortes, bem como os danos às aeronaves, aos equipamentos usados para a prestação de serviços de tráfego aéreo e aos aeródromos (ICAO, 2018). Tendo em conta que colisões entre aeronaves e sUAS são passíveis de causar todas as consequências elencadas, depreende-se que um acidente desse tipo, dependendo das características da colisão, pode ter proporções catastróficas.

Diferentemente dos conflitos de tráfego entre duas aeronaves, as aproximações entre aeronaves tripuladas e não tripuladas são difíceis de se investigar, já que não é possível identificar seus operadores. A falta de sistemas de rastreamento ou de radares capazes de detectá-los impede que sejam monitorados pelos sistemas de controle de tráfego aéreo e tornam a investigação uma tarefa ainda mais complexa. Além disso, o fato de os sUAS não transmitirem informações de posicionamento, de não haver comunicação entre seus operadores e os órgãos de controle de tráfego, bem como a inexistência de sistemas anticolisão também configuram fatores limitantes que poderiam auxiliar na mitigação de ocorrências.

Conforme os conhecimentos de James Reason (1990), a Teoria do Queijo Suíço representa um modelo de gestão de risco em que a identificação de condições latentes auxilia na prevenção. Ao identificar essas condições, é possível criar múltiplas camadas de defesa que podem reduzir significativamente a probabilidade de colisões entre aeronaves tripuladas e não tripuladas, já que não se pode interferir na severidade de um evento. A partir daí, pode-se identificar quais defesas organizacionais são eficazes, as que carecem de reforços e as defesas adicionais a serem implementadas (ICAO, 2018).

A constante atualização da regulamentação da operação de aeronaves não tripuladas, de modo que sejam suficientes e abrangentes, por parte das autoridades competentes, representa uma camada de defesa. De acordo com a pesquisa realizada, foi verificado que os órgãos brasileiros responsáveis por instituir dispositivos regulatórios para viabilizar a operação sUAS com segurança – ANATEL, ANAC e DECEA – têm se esforçado em fazê-lo.

Outra barreira verificada na pesquisa, mas que carece de melhorias, é o sistema de reportes. Não há uma ferramenta adequada que reúna todas as informações a respeito das operações indevidas de sUAS no espaço aéreo brasileiro. Existem relatos nos mais diversos sistemas do DECEA, que foram concebidos com outros objetivos que não o de captar informações sobre aeronaves não tripuladas. Então muitas informações valiosas para a prevenção dessas ocorrências acabam sendo perdidas. Nesse sentido, além da criação de métodos de captação de dados, é importante que haja um esforço para promover a cultura coletiva de reporte, envolvendo pilotos, controladores e do pessoal de solo.

Esforços em incrementar a cultura de reportes também vão ao encontro do entendimento da EASA (2021), que incentiva a coleta e análise de dados para compor processos de gerenciamento do risco à segurança operacional, visando a tomada de ações mitigadoras mais eficazes. Para tanto, além da adequada regulamentação, a agência sugere a implementação de soluções tecnológicas disponíveis para

detecção, classificação, monitoramento e neutralização de aeronaves não tripuladas em torno dos aeroportos, como os sistemas C-UAS, configurando mais uma barreira. No Brasil, atualmente, não há aeródromos dotados de tais recursos. Nesse sentido, o acompanhamento contínuo dos dados e o reconhecimento de áreas críticas sujeitas à maior incidência de reportes, podem possibilitar o investimento nos locais mais adequados.

Por outro lado, as pesquisas identificaram limitações na atuação em prol da prevenção, porque alguns aspectos independem da ação dos entes estatais. De acordo com os estudos de Reason (1990), além de agir nas condições latentes, é importante considerar os atos inseguros, que são os erros (lapsos, esquecimentos e desatenção) e as violações (desvios de regras de forma deliberada ou por falta de conhecimento dos regulamentos). Segundo Reason (1990), as barreiras destinadas a evitar os erros provavelmente não são eficazes na redução das violações. Enquanto os erros podem ser reduzidos com treinamento e disponibilidade de informações no local de trabalho, as violações geralmente exigem soluções motivacionais.

Neste caso, os atos inseguros são cometidos pelos operadores de sUAS, que são indivíduos anônimos dos quais não se tem controle. Admitindo que o gerenciamento dos erros dos operadores está fora do alcance das autoridades brasileiras, sua atuação vem ocorrendo por meio de soluções para minimizar as violações por falta de conhecimento das regras, por meio da ampla divulgação da regulamentação e de campanhas de conscientização e incentivo de boas práticas, visando esclarecer aos operadores os riscos envolvidos na operação em áreas próximas ao voo de aeronaves tripuladas. Trata-se de soluções motivacionais, como preconizava Reason (1990).

As ações mitigadoras também vêm ocorrendo na interface entre o tráfego aéreo e a operação de sUAS, que é a atuação dos controladores de tráfego aéreo. Controladores preparados para lidar com as ocorrências de aproximações entre aeronaves tripuladas e não tripuladas representam importante barreira na mitigação impactos tanto na eficiência e fluidez do tráfego aéreo, como na segurança operacional. Como retratado pelos dados, isso vem ocorrendo de forma eficaz por meio da interrupção das operações nos aeródromos afetados e pelo gerenciamento dos tráfegos em voo.

Por fim, considerando os resultados obtidos no recorte temporal abordado, concluiu-se que os impactos na fluidez e eficiência do controle de tráfego aéreo, por ora, não representam grande relevância para o DECEA por terem ocorrido em pouca quantidade em relação ao número total de movimentos anuais, sendo 1,2 espera/alternado a cada 10 mil movimentos em 2023. Apesar de terem acontecido em importantes aeroportos de grandes cidades brasileiras, neste momento, não seriam determinantes para amparar uma decisão para a implementação de soluções tecnológicas de detecção de drones, por exemplo, já que os eventos ocorreram de forma esporádica e eventual.

No entanto, com relação à segurança operacional, a análise deve ocorrer de forma diferente. Isso porque as consequências de eventos indesejados podem ser catastróficas. Nesse sentido, os estudos não se concentram exclusivamente na quantidade ou frequência dos eventos ocorridos, mas na probabilidade e severidade dos eventos que podem ocorrer. A partir da exploração dos eventos passados, traça-se uma prospecção dos eventos futuros se medidas mitigadoras e de gerenciamento do risco não forem tomadas.

Como houve o aumento nos reportes de ocorrências envolvendo sUAS de 2022 para 2023 (51% nos avistamentos e 83% nos casos de maior proximidade com a aeronave), depreende-se que a probabilidade de ocorrência de eventos mais graves, como colisões ou quase colisões, pode estar aumentando. Com relação à severidade, considerando que uma colisão entre esses dois vetores pode gerar consequências graves a pessoas, aeronaves, equipamentos e instalações, pode-se dizer que seus efeitos são catastróficos. Dessa forma, considerando a probabilidade e a severidade de eventos de colisão entre aeronaves tripuladas e não tripuladas, com relação à segurança operacional, considerou-se que foram relevantes os impactos causados pela operação de sUAS para o DECEA.

Os dados obtidos revelaram, ainda, que os aeródromos Santos Dumont, Guarulhos e Congonhas são os que necessitam de maior atenção, pois foi onde os avistamentos e os eventos mais severos foram mais prevalentes na janela de tempo observada.

Sobre a hipótese levantada: O impacto da operação de sUAS foi relevante para o DECEA de 2022 a 2023, tanto em termos de eficiência e fluidez, como em termos de segurança operacional, observou-se que, com relação à eficiência e à fluidez do tráfego aéreo, o impacto causado pela operação de sUAS não foi relevante para o DECEA de 2022 a 2023, já que a quantidade de esperas e alternados foi pequena diante de milhares de movimentos por ano. Porém, em relação à segurança operacional, o impacto foi considerado relevante, uma vez que os reportes de avistamentos e aproximações entre aeronaves tripuladas e sUAS aumentaram no período observado e que colisões entre aeronaves tripuladas e não tripuladas podem ter consequências catastróficas, sendo significativas em probabilidade e severidade.

Dessa forma, após definidas as conceituações, identificados os dados necessários para as análises e tendo-se demonstrado a relação entre a operação de sUAS e o DECEA, de acordo com os referenciais teóricos propostos, foram atingidos os cinco objetivos específicos traçados e, por consequência, o objetivo geral proposto para o trabalho.

## **5 CONCLUSÃO**

Diante de um cenário em que aeronaves não tripuladas de pequeno porte têm se multiplicado, notícias de paralisações de operações em diversos aeroportos mundo afora por conta da interferência desses vetores no tráfego aéreo têm se tornado comuns. No Brasil, não tem sido diferente. Seu uso

indevido ou mal-intencionado representa um perigo, cujo risco precisa ser gerenciado pelas autoridades brasileiras. Isso representa um grande desafio, uma vez que não se tem domínio sobre as operações não autorizadas e a identificação dos operadores é muito difícil. Esse contexto deu origem ao seguinte problema de pesquisa: Qual foi o impacto da operação de sistemas de aeronaves não tripuladas de pequeno porte sUAS para o DECEA de 2022 a 2023?

Diante do problema formulado, a hipótese estabelecida como provável foi de que o impacto da operação de sUAS foi relevante para o DECEA de 2022 a 2023, tanto em termos de eficiência e fluidez, como em termos de segurança operacional. Nesse sentido, o objetivo geral do trabalho foi analisar o impacto da operação de sUAS para o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) de 2022 a 2023.

Para atingi-lo, foram estabelecidos cinco objetivos específicos: OE1) Definir o conceito de sUAS para o âmbito do presente trabalho; OE2) Definir o conceito de DECEA para o âmbito do presente trabalho; OE3) Identificar as ocorrências de impactos na fluidez e eficiência do tráfego aéreo causados pela operação de sUAS no Brasil de 2022 a 2023; OE4) Identificar as ocorrências de impactos na segurança operacional envolvendo sUAS reportadas nos sistemas do DECEA de 2022 a 2023; e OE5) Demonstrar o impacto geral da operação sUAS para o DECEA de 2022 a 2023.

Inicialmente, foram apresentadas as bases teóricas que deram suporte às análises do trabalho. Foi abordada a Teoria da Pirâmide de Heinrich (Heinrich, 1931), que enfatizou a importância da coleta e análise de dados, desde os eventos menos complexos, até os mais críticos, bem como balizou a distribuição dos dados pesquisados relativos à segurança operacional. Também foram expostos os conhecimentos de James Reason referentes à Teoria do Queijo Suíço, que serviram para evidenciar as barreiras de proteção do sistema. Por fim, foram apresentados os conceitos de gerenciamento do risco, que embasaram as análises dos dados de segurança operacional.

No que se refere à dinâmica metodológica, este artigo científico baseou-se em pesquisa documental no arcabouço legal dos órgãos brasileiros responsáveis por regular a operação de aeronaves não tripuladas e em documentos da ICAO visando obter a definição de sUAS e DECEA. Ademais, foram consultados os bancos de dados de diversos sistemas do DECEA com o intuito de coletar informações sobre ocorrências de impactos na fluidez, eficiência e segurança operacional do tráfego aéreo envolvendo sUAS.

Em seguida, foram apresentados os resultados das pesquisas realizadas para atingir os cinco objetivos específicos. Para cumprir o OE1 e definir o conceito de sUAS para o escopo do trabalho, foi considerado o constante na ICA 100-40 (Brasil, 2023a), instrução do DECEA sobre o assunto, e no *UA Bulletin 2020/1* (ICAO, 2020), que traz a terminologia conhecida mundialmente. Assim, chegou-se à definição de sUAS como *Small Unmanned Aircraft System*, em português sistemas de aeronaves não

tripuladas de pequeno porte, sendo um “subconjunto de aeronaves não tripuladas com peso máximo de decolagem (PMD) menor ou igual a 25 Kg” (Brasil, 2023a, p. 16). Para se ter a dimensão do tratamento do assunto por outras autoridades brasileiras, as consultas foram estendidas ao regramento da ANATEL e da ANAC, trazendo aspectos das legislações atuais que representam barreiras de segurança às operações, corroborando com a Teoria do Queijo Suíço (Reason, 1990). Desse modo, foi possível concluir o OE1.

Complementando as conceituações necessárias e visando atingir o OE2, que se tratava de definir o conceito de DECEA para o âmbito do trabalho, foi conduzida uma pesquisa nas legislações brasileiras, das mais gerais para as mais específicas. Nesse diapasão, foi identificado que o DECEA tem por finalidade “planejar, gerenciar e controlar as atividades relacionadas ao controle do espaço aéreo, à proteção ao voo, ao serviço de busca e salvamento e às telecomunicações do Comando da Aeronáutica” (Brasil, 2022b). Sendo assim, fica responsável por estabelecer os critérios para a operação de sUAS, que também são barreiras de segurança, conforme Reason (1990). Por derradeiro, os princípios constantes na visão do DECEA, fluidez, eficiência e segurança, foram os conceitos norteadores para as pesquisas subsequentes e delinearão o caminho dos passos seguintes, cumprindo-se, assim, o OE2.

Para satisfazer o OE3 e identificar as ocorrências de impactos na fluidez e eficiência do tráfego aéreo causados pela operação de sUAS no Brasil de 2022 a 2023, foi realizada uma pesquisa no SIATFM. Pelos dados coletados, foi possível observar que houve uma queda nos eventos de impactos na fluidez e eficiência do tráfego aéreo de 2022 para 2023, mesmo com o aumento do número total de movimentos nesse período. Os dados de 2023 trouxeram informações mais detalhadas, por isso foram objeto de análise mais aprofundada. Daí identificou-se Guarulhos, Santos Dumont e Congonhas como os aeroportos mais afetados. No entanto, diante do número de movimentos anuais totais desses aeródromos, a quantidade de esperas e alternados foi pequena. A porcentagem total de movimentos impactados considerando a soma de esperas e alternados de 2023 e os movimentos de todos os seis aeródromos atingidos foi de 0,012%, ou seja, não teve grande expressividade.

Prosseguindo a coleta de dados, para identificar as ocorrências de impactos na segurança operacional envolvendo sUAS reportadas nos sistemas do DECEA de 2022 a 2023 e cumprir o OE4, foi realizada uma extensa pesquisa em todos os sistemas do DECEA que captaram informações a respeito de aproximação entre aeronaves tripuladas e não tripuladas que podem ter afetado a segurança operacional, já que não há um sistema dedicado ao assunto. Baseado na Pirâmide de Heinrich (Heinrich, 1931), foram considerados desde os avistamentos, até os reportes de quase colisão. Foi verificado que houve o acréscimo de 51% nos avistamentos de sUAS e 83% nos casos de maior proximidade com a aeronave de 2022 para 2023. A construção desse panorama possibilitou o cumprimento do OE4.

Em seguida, foram considerados os conceitos e os dados apresentados para demonstrar o impacto geral da operação sUAS para o DECEA de 2022 a 2023 e atingir o OE5. Utilizando os conhecimentos de

Reason (1990) como referência, foi verificada a existência de barreiras de proteção visando a operação segura de sUAS, como as legislações existentes e o trabalho desenvolvido pelos controladores de tráfego aéreo. No entanto, também foram observadas barreiras a serem reforçadas, como criação de métodos ou ferramentas para a captação de dados sobre ocorrências com sUAS, a melhoria da cultura de reportes e a aquisição de sistemas de detecção e contraposição.

Com relação aos dados, analisando o período observado, concluiu-se que os impactos na fluidez e eficiência do controle de tráfego aéreo não foram relevantes para o DECEA, já que foram poucos diante do volume total de movimentos – 1,2 espera/alternado a cada 10 mil movimentos. Com relação à segurança operacional, considerou-se que os impactos de 2022 a 2023 foram relevantes, uma vez que uma colisão entre uma aeronave tripulada e uma não tripulada, em termos de severidade, pode ter consequências catastróficas. Além disso, como houve aumento nos eventos da base e do centro da pirâmide, depreende-se que a probabilidade de ocorrência de eventos do topo pode estar aumentando. Os aeroportos que merecem maior atenção são o Santos Dumont, Guarulhos e Congonhas.

Diante do exposto, o objetivo geral do trabalho foi cumprido e a hipótese elencada, levando em conta os referenciais teóricos apresentados, foi parcialmente refutada, uma vez que o impacto da operação de sUAS não foi relevante para o DECEA de 2022 a 2023 em termos de eficiência e fluidez do tráfego aéreo. Já em relação à segurança operacional, considerou-se relevante o impacto das operações de sUAS de 2022 a 2023 para o DECEA.

Essa pesquisa pode contribuir para a tomada de decisão da FAB com relação a investimentos em tecnologias para detecção, monitoramento e neutralização de sUAS operando indevidamente em torno dos aeroportos, como os sistemas C-UAS e de contraposição, conforme previsto na recente edição da PCA 11-47 (Brasil, 2024a). Também serve como fonte de informações compiladas sobre o tema, já que traz análises abrangentes sobre todos os reportes de sUAS no espaço aéreo brasileiro. Essas informações podem ser utilizadas para ações de mitigação e gerenciamento do risco, visando evitar eventos indesejados.

Dando continuidade aos presentes estudos, futuras pesquisas podem abranger a análise dos custos e impactos financeiros consequentes dos eventos envolvendo sUAS, tanto para as autoridades brasileiras, quanto para entes privados, como companhias aéreas e administradores aeroportuários. Isso poderia ser realizado por meio de um estudo de caso, utilizando-se de alguns dados constantes neste trabalho.

A existência de dados só a partir de 2022 foi considerada uma limitação para os resultados por reduzir o intervalo de tempo considerado e restringir a análise de tendências. A inexistência de um sistema de reporte dedicado às ocorrências envolvendo aeronaves não tripuladas foi outro fator considerado limitante para a pesquisa, que foi contornado pela aplicação dos referenciais teóricos utilizados.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Painel de drones cadastrados**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/aceso-a-informacao/dados-abertos/areas-de-atuacao/aeronaves/drones-cadastrados/painel-de-drones-cadastrados>. Acesso em: 11 jun. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). Resolução nº 710, de 31 de março de 2023. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94>. Acesso em: 24 jun. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL). **Orientações para Certificar Produtos**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/regulado/certificacao-de-produtos/orientacoes>. Acesso em: 25 jun. 2024.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Departamento de Controle do Espaço Aéreo: Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo 2023**. Rio de Janeiro, 2023b. Disponível em: [http://portal.cgna.decea.mil.br/files/uploads/anuario\\_estatistico/anuario\\_estatistico\\_2023.pdf](http://portal.cgna.decea.mil.br/files/uploads/anuario_estatistico/anuario_estatistico_2023.pdf). Acesso em: 24 jun. 2024.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Carta de Corredores Visuais Rotas Especiais de Aeronaves na TMA-SP 2**. Rio de Janeiro, 20 maio 2021. Disponível em: [https://aisweb.decea.mil.br/cartas/visuais/rea/CCV\\_REA\\_TMA-SP\\_2.pdf](https://aisweb.decea.mil.br/cartas/visuais/rea/CCV_REA_TMA-SP_2.pdf). Acesso em: 04 jul. 2024.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Diretriz nº 007/SDAD/2018, de 16 de julho de 2018. Institui a missão, a visão e os valores do DECEA. **Boletim Interno Ostensivo [do GAP-RJ]**, Rio de Janeiro, n. 104, 16 jul. 2018.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Departamento de Controle do Espaço Aéreo: Drones: solicitações de voos aumentam 25% em 2023**. Rio de Janeiro, 22 jan. 2024b. Disponível em: [https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg\\_noticia&materia=drones-solicitacoes-de-voos-aumentam-25-em-2023](https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg_noticia&materia=drones-solicitacoes-de-voos-aumentam-25-em-2023). Acesso em: 06 abr. 2024.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 188/DGCEA, de 19 de novembro de 2013. Aprova a edição Manual de Investigação de Ocorrências de Tráfego Aéreo (MCA 63-17). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, n. 233, f. 11465, 05 dez. 2013.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 574/ASEGN, de 22 de novembro de 2022. Aprova a edição da instrução sobre Gerenciamento da Segurança Operacional do SISCEAB (ICA 81-2). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, n. 219, f. 16963, 29 nov. 2022a.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 730/SDAD\_AVSEC, de 07 de fevereiro de 2023. Aprova a reedição da instrução que dispõe sobre o Gerenciamento do Risco AVSEC no SISCEAB (ICA 205-51). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, n. 036, f. 2621, 24 fev. 2023d.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 822/ASEGN, de 03 de abril de 2023. Aprova a reedição da instrução sobre Ocorrências de Tráfego Aéreo (ICA 81-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, n. 071, f. 5419, 19 abr. 2023c.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 928/DNOR8, de 15 de maio de 2023. Aprova a reedição instrução sobre Aeronaves não tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro (ICA 100-40). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, n. 103, f. 8145, de 06 jun. 2023a.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Força Aérea Brasileira**: CGNA inicia novo Programa de Instrução. Rio de Janeiro, [2014?]. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/cgna/index.php/acontece-no-cgna/207-cgna-inicia-novo-programa-de-instrucao#:~:text=O%20GNAF%20possui%20a%20incumb%C3%Aancia,responsabilidade%20do%20servi%C3%A7o%20ATFM%20nacional>. Acesso em: 24 jun. 2024.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comando da Aeronáutica. Portaria GABAER nº 1.453/GC3, de 05 de junho de 2024. Aprova o Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2024 – 2033 (PCA 11-47). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, n. 107, f. 8370, 10 jun. 2024a.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 05 de outubro de 1988. Disponível em: [https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88\\_Livro\\_EC91\\_2016.pdf](https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf). Acesso em: 23 jun. 2024.

BRASIL. Decreto nº 11.237, de 18 out. 2022. Aprova as Estruturas Regimentais e os Quadros Demonstrativos dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança do Comando da Aeronáutica do Ministério da Defesa e da Caixa de Financiamento Imobiliário da Aeronáutica e remaneja e transforma cargos em comissão e funções de confiança. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2022b. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2022/Decreto/D11237.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D11237.htm). Acesso em: 24 jun. 2024.

BRASIL. Lei 7.565, de 19 dez. 1986. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1986. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/17565compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17565compilado.htm). Acesso em: 24 jun. 2024.

CANADÁ. Transportation Safety Board (TSB) of Canada. **Unsuccessful visual scanning, operator task saturation factors in 2021 aircraft/drone collision near Toronto/Buttonville Municipal Airport, Ontario**. Richmond Hill: TSB, 2023. Disponível em: <https://www.tsb.gc.ca/eng/medias-media/communiqués/aviation/2023/a21o0069-20230119.html>. Acesso em: 11 jun. 2024.

COOKE, A. **NTSB Issues Final Report on Collision Between Drone and Army Helicopter**. Fstoppers, 03 jan. 2018. Disponível em: <https://fstoppers.com/drone/ntsb-issues-final-report-collision-between-drone-and-army-helicopter-210633>. Acesso em: 11 jun. 2024.

EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY (EASA). **Drone incident management at aerodromes**. Part 1: The challenge of unauthorised drones in the surroundings of aerodromes. Cologne, 8 mar. 2021. Disponível em: <https://www.easa.europa.eu/en/drone-incident-management-aerodromes-part-1>. Acesso em: 23 fev. 2024.

FERREIRA, C. **Drones próximos da pista interrompem a operação no aeroporto de Dublin**. AEROIN, 05 fev. 2023a. Disponível em: <https://aeroin.net/drones-proximos-da-pista-interrompem-a-operacao-no-aeroporto-de-dublin/>. Acesso em: 22 fev. 2024.

FERREIRA, C. **Pela terceira vez, drones interrompem todas as operações no Aeroporto de Dublin**. AEROIN, 08 fev. 2023b. Disponível em: <https://aeroin.net/drone-terceira-vez-dublin/>. Acesso em: 22 fev. 2024.

HEINRICH, H. W. **Industrial accident prevention**. New York: McGraw-Hill, 1931.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Convention on International Civil Aviation – Doc 7300**. 9th ed. Montreal: International Civil Aviation Organization, 2006. Disponível em: <https://www.icao.int/publications/pages/doc7300.aspx>. Acesso em: 25 jun. 2024.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Safety Management Manual – Doc 9859**. 4th ed. Montreal: International Civil Aviation Organization, 2018. Disponível em: <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/5863.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2024.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Unmanned Aviation Bulletin, 2020/1**. Montreal: International Civil Aviation Organization, 2020. Disponível em: <https://www.icao.int/safety/UA/Documents/ICAO%20UA%20Bulletin%202020%201a.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2024.

LARICCHIA, F. **Drone market size worldwide in selected years from 2021 to 2030**. Statista, 07 nov. 2023. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1234521/worldwide-drone-market/#:~:text=Drone%20economy%20worldwide%202021%2D2030&text=According%20to%20DRONEII%2C%20the%20global,safety%2C%20logistics%2C%20and%20passenger>. Acesso em: 22 fev. 2024.

LIRIO, T.A. O impacto da adoção do Relatório Final Simplificado (RFS) nos processos investigativos de ocorrências aeronáuticas da aviação militar, conduzidos pelo CENIPA. **Revista da UNIFA**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 1, p. 5 - 15, jan./jun. 2018.

LU, X., LIU, X., LI, Y., ZHANG, Y., ZUO, H. **Simulation of airborne collision between a drone and an aircraft nose**. Aerospace Science and Technology, v. 118, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1270963821005885>. Acesso em: 13 jun. 2024.

LU, X., LIU, X., LI, Y., ZHANG, Y., ZUO, H. **Simulations of airborne collisions between drones and an aircraft windshield**. Aerospace Science and Technology, v. 98, 2020.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S127096381830871X>. Acesso em: 13 jun. 2024.

MENDONÇA, F. A. C. A ficha CENIPA 15 e as atividades de prevenção do risco aviário. **Revista Conexão SIPAER**, Brasília, v. 2, n. 3, p. 9 – 54, ago. 2011.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION (NATO). **Integrated Air and Missile Defence Centre of Excellence: Countering - Unmanned Aerial Systems (C-UAS)**. Chania, 2024. Disponível em: <https://iamd-coe.org/focus-areas/countering-unmanned-aerial-systems-c-uas/>. Acesso em: 24 jun. 2024.

REASON, J. T. **Human error**. New York: Cambridge, 1990.

REASON, J. T. **Safety in the operating theatre - Part 2: Human error and organisational failure**. Qual Saf Health Care, v.14, p. 56-61, 2005. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1743973/>. Acesso em: 19 jun. 2024.

REIS, E. A., REIS I. A. **Análise Descritiva de Dados**. Relatório Técnico do Departamento de Estatística da UFMG, 2002. Disponível em: <https://www.est.ufmg.br/portal/wp-content/uploads/2023/01/RTE-02-2002.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SAMPAIO, N. A. S.; ASSUMPÇÃO, A. R. P.; FONSECA, B. B. **Estatística Descritiva**. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2018.

## ANEXO A – FIGURA 5 – EXTRATO DO DOC 9859

Figura 5 – Extrato do DOC 9859.

(continua)

<b>Table 1. Safety risk probability table</b>		
<i>Likelihood</i>	<i>Meaning</i>	<i>Value</i>
Frequent	Likely to occur many times (has occurred frequently)	5
Occasional	Likely to occur sometimes (has occurred infrequently)	4
Remote	Unlikely to occur, but possible (has occurred rarely)	3
Improbable	Very unlikely to occur (not known to have occurred)	2
Extremely improbable	Almost inconceivable that the event will occur	1

*Note.— This is an example only. The level of detail and complexity of tables and matrices should be adapted to the particular needs and complexities of each organization. It should also be noted that organizations might include both qualitative and quantitative criteria.*

<b>Table 2. Example safety risk severity table</b>		
<i>Severity</i>	<i>Meaning</i>	<i>Value</i>
Catastrophic	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aircraft / equipment destroyed</li> <li>• Multiple deaths</li> </ul>	A
Hazardous	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A large reduction in safety margins, physical distress or a workload such that operational personnel cannot be relied upon to perform their tasks accurately or completely</li> <li>• Serious injury</li> <li>• Major equipment damage</li> </ul>	B
Major	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A significant reduction in safety margins, a reduction in the ability of operational personnel to cope with adverse operating conditions as a result of an increase in workload or as a result of conditions impairing their efficiency</li> <li>• Serious incident</li> <li>• Injury to persons</li> </ul>	C
Minor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuisance</li> <li>• Operating limitations</li> <li>• Use of emergency procedures</li> <li>• Minor incident</li> </ul>	D
Negligible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Few consequences</li> </ul>	E

(conclusão)

**Table 3. Example safety risk matrix**

<i>Safety Risk</i>		<i>Severity</i>				
		<i>Catastrophic A</i>	<i>Hazardous B</i>	<i>Major C</i>	<i>Minor D</i>	<i>Negligible E</i>
<i>Probability</i>						
Frequent	5	5A	5B	5C	5D	5E
Occasional	4	4A	4B	4C	4D	4E
Remote	3	3A	3B	3C	3D	3E
Improbable	2	2A	2B	2C	2D	2E
Extremely improbable	1	1A	1B	1C	1D	1E

*Note.— In determining the safety risk tolerability, the quality and reliability of the data used for the hazard identification and safety risk probability should be taken into consideration.*

**Table 4. Example of safety risk tolerability**

<i>Safety Risk Index Range</i>	<i>Safety Risk Description</i>	<i>Recommended Action</i>
5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A	INTOLERABLE	Take immediate action to mitigate the risk or stop the activity. Perform priority safety risk mitigation to ensure additional or enhanced preventative controls are in place to bring down the safety risk index to tolerable.
5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C, 1A	TOLERABLE	Can be tolerated based on the safety risk mitigation. It may require management decision to accept the risk.
3E, 2D, 2E, 1B, 1C, 1D, 1E	ACCEPTABLE	Acceptable as is. No further safety risk mitigation required.

Fonte: ICAO (2018, p. 2-14 – 2-17).

