

Análise Estatística dos Acidentes Registados na Aviation Safety Network nos Estados Unidos

JOANA RAQUEL GOMES SAMARRA

Prova para obtenção do Grau de Mestre em Operações de Transporte
Aéreo

Lisboa | 2023

Versão Definitiva

Prova para a obtenção de grau de Mestre em Operações de Transporte Aéreo

Análise estatística dos acidentes registados na Aviation Safety Network nos Estados Unidos

Autor: Joana Raquel Gomes Samarra

Orientador: Professor Luís Santos

Janeiro 2023

Agradecimentos

Em primeiro lugar tenho de agradecer ao meu orientador o professor Luís Santos, pois foi sem dúvida um orientador muito bom a quem eu devo muito ter conseguido terminar a minha tese. Obrigada, professor Luís. Em segundo lugar agradecer a professora Ana Barqueira que me ajudou muito com a parte do SPSS de modo a cumprir os objetivos a que me propus.

E por último agradecer a todos os que me apoiaram e não me deixaram desistir deste percurso, família e amigos que me suportaram sempre que tive cansada ou com pensamento que não era capaz de terminar a esta tese.

Muito obrigada a todos.

Resumo

Foram implementadas entre todos os intervenientes regras e regulamentos para mitigação de acidentes. Foi necessária a utilização de novas tecnologias e de novos recursos para fatores humanos para mitigar futuros acidentes de modo a haver um decréscimo de acidentes como tem vindo a acontecer. Foi verificado que os acidentes por sabotagem são neste momento inexistentes, que a maior parte das fatalidades são durante o voo e na fase da aproximação da pista. Os acidentes graves com fatalidades associadas são um número cada vez mais reduzido com tendência a decrescer ao longo do tempo. Os erros humanos embora com todas as mitigações ao longo dos tempos, ainda é a maior causa de acidentes, embora os acidentes tenham um decréscimo, há outros fatores que podem estar relacionados com este tipo de erros, que é a falta de pessoal para a operação de um voo, este fator foi correlacionado e consegue-se perceber que estão altamente correlacionados positivamente. Os acidentes podem ainda estar relacionados com outros fatores, como por exemplo, os fatores económicos. O crescimento do PIB está correlacionado positivamente com os acidentes e a inflação está correlacionado negativamente. Também é verificado que o fator inflação está igualmente relacionado com o número de voos devido a falta de procura.

Palavras-chave

Acidentes, Crescimento Económico, Erro Humano, Fatores Humanos, Tecnologia e Tendências

Abstract

Rules and regulations for accident mitigation have been implemented between all players. It was necessary to use new technologies and new resources for human factors to mitigate future accidents in order to have a decrease in accidents as has been happening. It has been verified that accidents by sabotage are currently non-existent, that most of the fatalities are during the flight and in the runway approach phase. Serious accidents with associated fatalities are a small number with a tendency to decrease over time. Human errors although with all the mitigations over time, is still the biggest cause of accidents, although accidents have a decrease, there are other factors that may be related to this type of errors, which is the lack of personnel for the operation of a flight, this factor was correlated, and one can see that they are highly correlated positively. Accidents can also be related to other factors, such as economic factors. GDP growth is positively correlated with accidents and inflation is negatively correlated. It is also found that the inflation factor is also related to the number of flights due to lack of demand.

Keywords

Accidents, Economic Growth, Human Error, Human Factors, Technology and Trends

Índice

Agradecimentos	V
Resumo	VII
Palavras-chave	VII
Abstract	IX
Keywords	IX
Índice de Figuras.....	XIV
Índice de Tabelas.....	XVII
Siglas e Abreviaturas.....	XIX
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	21
1.1 Problemas, objetivos e questões	23
CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA.....	24
CAPÍTULO III- METODOLOGIA	39
CAPÍTULO IV- RESULTADOS.....	41
4.1. Acidentes por Ano	41
4.1.1. Previsão de Acidentes	44
4.2. Vítimas por Ano.....	47
.....	47
4.2.1. Previsão de vítimas.....	48
4.3. Fases do Voo	51
4.3.1. Fases de voo por vítimas	52
4.3.2. No Solo / Ground.....	53
4.3.3. Descolagem / Take off and Inicial Climb	56
4.3.4. Em Rota / En Route	59
4.3.5. Aproximação / Approach	62
4.3.6. Aterragem / Landing	64
4.4. Causa Raiz.....	68
4.4.1. Causas Raiz por Número de Vítimas	69
4.4.2. Erro Humano por Ano	70

4.4.3. Ambiente por Ano	73
4.4.4. Técnico	76
4.4.5. Sabotagem.....	78
4.5. Fases de Voo e Causas Raiz	80
4.6. Tipos de Voo.....	81
4.6.1. Voo de Passageiros.....	81
4.6.2. Voo de Carga	82
4.6. Ciclo de Voo.....	83
CAPÍTULO VI- CONCLUSÃO.....	85
Referências Bibliográficas	88
Anexos	90
Apêndice.....	93

Índice de Figuras

<i>Figura 1: Acidentes fatais na Aviação</i>	26
<i>Figura 2: Causas dos Acidentes ao longo dos anos</i>	27
<i>Figura 3: Evolução tecnológica na aviação</i>	28
<i>Figura 4: Componentes do SMS</i>	32
<i>Figura 5: Modelo SMS pela ICAO</i>	33
<i>Figura 6: Sistema de gestão de segurança (SMS)</i>	34
<i>Figura 7: Gráfico "Acidentes por Ano"</i>	41
<i>Figura 8: Crescimento do PIB (%)</i>	42
<i>Figura 9: Inflação</i>	43
<i>Figura 10: Previsão de Acidentes</i>	44
<i>Figura 11: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes"</i>	44
<i>Figura 12: Gráfico "Vítimas por Ano"</i>	47
<i>Figura 13: Previsão de fatalidades</i>	48
<i>Figura 14: Critérios de adequabilidade "Previsão de fatalidades"</i>	48
<i>Figura 15: Previsão de feridos</i>	49
<i>Figura 16: Critérios de adequabilidade "Previsão de feridos"</i>	49
<i>Figura 17: Gráfico % de acidentes por fase de voo</i>	51
<i>Figura 18: Gráfico Fases de voo por número de vítimas em acidente</i>	52
<i>Figura 19: Acidentes no Solo</i>	53
<i>Figura 20: Previsão em Acidentes em fase de voo "No Solo"</i>	54
<i>Figura 21: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes no Solo"</i>	54
<i>Figura 22: Acidentes na Descolagem</i>	56
<i>Figura 23: Previsão de Acidentes na Descolagem</i>	57
<i>Figura 24: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes a Descolagem"</i>	57
<i>Figura 25: Acidentes em Rota</i>	59
<i>Figura 26: Previsão de Acidentes em Rota</i>	60
<i>Figura 27: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes em Rota"</i>	60
<i>Figura 28: Acidentes na Aproximação</i>	62
<i>Figura 29: Previsão de Acidentes na Aproximação</i>	62
<i>Figura 30: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes na Aproximação"</i>	63

<i>Figura 31: Acidentes na Aterragem</i>	64
<i>Figura 32: Previsão de Acidentes na Aterragem</i>	65
<i>Figura 33: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes na Aterragem"</i>	66
<i>Figura 34: Gráfico % de acidentes por Causa Raiz</i>	68
<i>Figura 35: Gráfico Causas Raiz por número de vítimas em acidente</i>	69
<i>Figura 36: Acidentes devido a fatores Humanos</i>	70
<i>Figura 37: Previsão "Acidentes devido a fatores Humanos"</i>	72
<i>Figura 38: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes devido a fatores Humanos"</i>	72
<i>Figura 39: Acidentes devido a fatores Ambientais</i>	73
<i>Figura 40: Previsão "Acidentes devido a fatores Ambientais"</i>	74
<i>Figura 41: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes devido a fatores Ambientais"</i>	75
<i>Figura 42: Acidentes devido a fatores Técnicos</i>	76
<i>Figura 43: Previsão "Acidentes devido a fatores Técnicos"</i>	77
<i>Figura 44: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes devido a fatores Técnicos"</i>	77
<i>Figura 45: Acidentes por Sabotagem</i>	78
<i>Figura 46: Previsão "Acidentes por Sabotagem"</i>	79
<i>Figura 47: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes por Sabotagem "</i>	79
<i>Figura 48: Gráfico Causas Raiz por Fases de Voo</i>	80
<i>Figura 49: Número de Passageiros Transportados</i>	81
<i>Figura 50: Número de Toneladas Transportadas</i>	82
<i>Figura 51: Ciclo de Voo (milhões)</i>	83

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1: Correlação entre o Número de Acidentes entre e o Crescimento do PIB</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 2: Correlação entre o Número de acidentes e a Inflação</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 3: Estatística de próximos acidentes.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 4: Número de Acidentes em 2022.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabela 5: Estatística de próximas vítimas em acidente</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 6: Número de Vítimas em 2022</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 7: Estatística de próximos acidentes no solo</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 8: Acidentes "no solo"</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 9: Total de Acidentes "no solo" em 2022</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 10: Estatística de próximos acidentes a Descolagem</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 11: Acidentes a Descolagem em 2022</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 12: Total de Acidentes "na descolagem" em 2022</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 13: Estatística de próximos acidentes em Rota</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 14: Acidentes durante a rota em 2022</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 15: Total de Acidentes "em rota" em 2022.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 16: Estatística de próximos acidentes na aproximação</i>	<i>63</i>
<i>Tabela 17: Acidentes em aproximação em 2022.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 18: Total de Acidentes "na aproximação" em 2022</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 19: Estatística de próximos acidentes na aterragem</i>	<i>66</i>
<i>Tabela 20: Acidentes na Aterragem em 2022</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 21: Total de Acidentes "na aterragem" em 2022</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 22: Número de profissionais na aviação.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabela 23: Correlação entre os Erros Humanos e o número de Profissionais</i>	<i>71</i>
<i>Tabela 24: Estatística de próximos acidentes devido a fatores humanos.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabela 25: Estatística de próximos acidentes devido a fatores Ambientais</i>	<i>75</i>
<i>Tabela 26: Estatística de próximos acidentes devido a fatores Técnicos</i>	<i>78</i>
<i>Tabela 27: Estatística de próximos acidentes por Sabotagem</i>	<i>80</i>
<i>Tabela 28: Correlação entre o Ciclo de Voo e o Crescimento do PIB</i>	<i>83</i>
<i>Tabela 29: Correlação entre o Ciclo de Voo e a Inflação</i>	<i>83</i>

Siglas e Abreviaturas

ASN – *Aviation Safety Network*

CRM – *Crew Research Management*

EASA – *European Union Aviation Safety Agency*

ECAM – *Electronic Centralized Aircraft Monitor*

EFIS – *Electronic Flight Instrument System*

EICAS – *Engine Indicating and Crew Alerting System*

FAA – *Federal Aviation Administration*

FBW – *Fly by Wire*

FH – *Fatores Humanos*

IATA - *International Air Transport Association*

ICAO – *International Civil Aviation Organization*

PIB – *Produto Interno Bruto*

SMS – *Safety Management System*

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

O transporte aéreo é considerado o método mais seguro de transporte devido à estreita interação entre todas as organizações que fazem parte do ecossistema da aviação (Santos & Melicio, 2019). Desde o início, a necessidade de regras e regulamentos tem levado a indústria da aviação a utilizar tecnologias e procedimentos mais seguros e confiáveis (Santos & Melicio 2019). Foi por isso necessário desenvolver soluções inovadoras para abordar a eficiência do processo sem comprometer a segurança e qualidade dos serviços. A segurança da aviação depende da minimização de erros em todas as facetas do sistema de transporte aéreo. (Santos & Melicio 2019).

Uma forma de minimizar os erros, é criar um sistema que tenha em conta os fatores humanos, uma vez que estes são um dos principais motivos dos acidentes no setor e uma vez que o erro humano é inevitável, embora as organizações tendam a formar cada vez mais os seus profissionais para reduzir esse erro, a sensação de que a tecnologia é mais confiável do que o humano leva a que os mesmos sejam substituídos por essa mesma tecnologia de modo a mitigar o erro. Há, nos últimos anos, uma sensação de que os acidentes têm diminuído ao longo dos tempos, mas até que ponto essa afirmação será verdadeira se formos considerar o número de horas voadas por ocorrência. (Santos & Melicio, 2019). Os erros humanos são ainda a principal causa de acidentes aéreos dos últimos anos, há diversos fatores para que os mesmos aconteçam, um deles é a falta de pessoal, a falta de pessoal coloca em causa o bom funcionamento de uma operação pois sobrecarregará os restantes profissionais em funções, ou seja, é possível compreender que quando há menos pessoal há mais possibilidade de ocorrerem erros devido ao fator stress dos restantes.

Embora seja o erro humano a maior causa dos acidentes ao longo dos anos nos diversos estudos, também o fator técnico e ambiente têm tido alguma relevância nesta matéria tendo ainda uma percentagem, embora pequena, significativos acidentes aéreos, tem sido introduzida novas tecnológicas e novos procedimentos para que os erros sejam cada vez menores. Os acidentes por sabotagem que nos dias de hoje não

são tão passíveis de acontecer, revolucionaram a segurança a bordo das aeronaves assim como nos aeroportos tornando-os mais seguros.

Para além de todos os fatores internos na indústria que influenciam os acidentes e também o número de voos durante um ano, existem fatores externos que também podem influenciar o mesmo. É o caso dos fatores económicos como por exemplo, a inflação e o crescimento do produto interno bruto (PIB) estes fatores estão relacionados também embora que seja de uma forma indireta com o número de voos por ano assim como com a existência de acidentes aéreos. É possível verificar que quando a inflação sobe o poder de compra e o valor da moeda diminui criando por vezes crises económicas em diversas indústrias.

1.1 Problemas, objetivos e questões

Quando ocorre um acidente de aviação, toda a indústria sofre, especialmente se houver vítimas mortais. Foram feitas negociações e compromissos contínuos pelos membros da ICAO de modo a serem criadas praticas para uma indústria mais segura (Spence et al. 2015). Há uma importância estatísticas dos acidentes pois levará a uma análise mais cuidada sobre determinados aspetos da indústria, pois se houver uma tendência positiva de incremento nos acidentes, há necessidade de se tomar medidas para mitigar as mesmas. O objetivo deste projeto é analisar os dados estatisticamente para perceber essa tendência quantitativa e de seguida extrapolar para algo qualitativo. Esta investigação de ordem quantitativa, baseada numa análise estatística que têm como base o *Aviation Safety Network*, irá ter como objetivo perceber a tendência de evolução dos acidentes aéreos, seja quantitativamente, seja também por acidente por hora de voo. Para além da evolução historia e previsão dos acidentes nos próximos anos é possível identificar fatores externos como os fatores económicos que podem influenciar e alterar o rumo dos acidentes e das horas de voo. Para isso é possível perceber quais são as fases do voo mais propícias a acidentes. Será que os acidentes estão mesmo a diminuir? Os fatores externos também influenciam os acidentes? São estas as questões de partida do trabalho.

CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA

O Safety é uma faceta da cultura organizacional que se refere às normas, valores e às práticas de todos os intervenientes em relação à segurança e ao risco. Embora isto seja uma definição de safety dada por Cooper and Guldenmund em 2000 esta cultura é ambígua e tem diversas origens empíricas e teóricas. Este tipo de cultura ganhou destaque após ter havido a pressão de priorizar a produção, o que influenciou negativamente os valores, normas e práticas na gestão da segurança. Desde então vários modelos foram usados para descrever a cultura de segurança e as suas dimensões, de modo a caracterizar a mesma. As principais normas para uma gestão da segurança numa organização são: compromisso da gestão com a segurança, colaboração, relatórios de incidentes, comunicação, compromisso, suportes, conformidades, treino e regras de segurança. A segurança é o pilar mais importante para o setor da aviação, de modo que a falta dela é um problema causal em ocorrências recentes no setor. Uma cultura de segurança fraca culmina num aumento da probabilidade de acidentes, enquanto uma cultura de segurança forte reduz essa mesma possibilidade. (Le Coze 2020)

Se há quem tenha um papel fulcral para a segurança da aviação são as entidades reguladoras. O regulador europeu, a EASA (European Union Aviation Safety Agency) é um dos principais promotores desta cultura de Safety. Portanto, a EASA define-o como o resultado de todas as ações tomadas para prevenir acidentes, erros em todos os processos, que vão desde o projeto de todas as aplicações aeronáuticas, até à operação da aeronave. A EASA define os padrões de segurança de modo a atingir os mais altos níveis de segurança. Para isso está criado um sistema regulatório transversal a todo o ecossistema da aviação bem como o da implementação de auditorias que engloba todo o sector da aviação. A EASA garante a segurança operacional certificando os tipos de aeronaves e os produtos aeronáuticos na União Europeia. (EASA, n.d.) .

Por outro lado, a ICAO (International Civil Aviation Organization) que foi fundada em 1947 e é a organização que supervisiona os padrões e práticas das nações participantes na tentativa de tornar a indústria mais segura e eficiente possível, criando também standards internacionais para promover a segurança operacional. Existe, até ao

momento, 191 membros da ICAO que se empenham para garantir que os objetivos são cumpridos. Quando existe um acidente, independentemente da sua localização, todo o setor é afetado negativamente, especialmente se for um acidente com fatalidades (Spence et al. 2015). Após a fundação da ICAO, nas décadas seguintes foram marcadas pela criação de novos protocolos internacionais. No entanto, no que diz respeito à segurança de voo, não existia uma metodologia de investigação dos acidentes, sendo apenas investigados pela polícia. Devido a situações catastróficas ocorridas na Europa e também nos Estados Unidos nos anos seguintes, levou a que houvesse a necessidade de avanços tecnológicos. Nesta altura efetivou-se uma cooperação internacional de sistematizações de segurança de voo. Assim, iniciou-se o pensamento da investigação de acidentes como ciência, passando gradualmente de se chamar inquérito para se chamar investigação, com o intuito de, com as investigações, alcançar medidas preventivas para o futuro (Filomena, Ricco, and Almeida 2020). A ICAO afirma que a aviação é o transporte mais seguro. Esta transformação de um negócio principiante com a segurança frágil para um sistema muito seguro é devido ao investimento de forma continua em esforços de segurança feitas pela comunidade da aviação. Desde a década de 90 até aos dias atuais a aviação entrou numa era de confiabilidade de segurança, globalmente, salvo raras exceções, os acidentes tornaram-se pouco frequentes ao ponto de se tornarem eventos excepcionais. Os incidentes graves também se tornaram cada vez menos numerosos. Neste caso, o uso de dados de acidentes para avaliar o nível de segurança deixa de fazer sentido devido à raridade de acidentes fatais no setor da aviação. (Yeun, Bates, and Murray 2014).

É importante distinguir os acidentes aéreos dos incidentes, os acidentes aéreos *“são ocorrências associadas à operação de uma aeronave que, no caso de uma aeronave tripulada, acontece entre o momento em que qualquer pessoa embarca na aeronave com a intenção de voar até o momento em que todas as pessoas tenham desembarcado, ou, no caso de uma aeronave não tripulada, acontece entre o momento em que a aeronave está pronta para se mover com o propósito de voar até o momento em que para”* (ANAC 2016). Os incidentes aéreos ao contrário dos acidentes são *“uma ocorrência, que não seja um acidente, associada com a operação de uma aeronave que afeta ou pode afetar a segurança da operação.”* (ANAC 2016)

Embora a existência de acidentes com fatalidades e incidentes graves sejam cada vez menos o que de certo modo dificulta a avaliação dos riscos, existem novos tipos de acidentes que foram contabilizados pelo novo tipo de causas (Fadiga, “erro humano”, falha de software, falha organizacional). Assim sendo, o que se tem vindo a fazer ao longo do tempo é substituir causas em vez de as conjugar. Estes erros acontecem ainda por um motivo, mas não é apenas por uma simples ocorrência, mas sim uma combinação do mau funcionamento de vários componentes.

Historicamente, sempre que houve um crescimento relativamente rápido no transporte aéreo, isso acabou por culminar numa série de acidentes. A ICAO mostrou que a taxa de fatalidade para operações de voo comercial tem diminuído ao longo dos tempos. A título de exemplo, em 1970 e 1993 a taxa de mortalidade caiu de 0,18 para 0,04 em 100 milhões de habitantes. (Janic 2000). Na figura 1 é possível observar o gráfico dos Acidentes fatais na aviação desde o ano de 1946 é possível verificar que a tendência dos mesmos é diminuir.

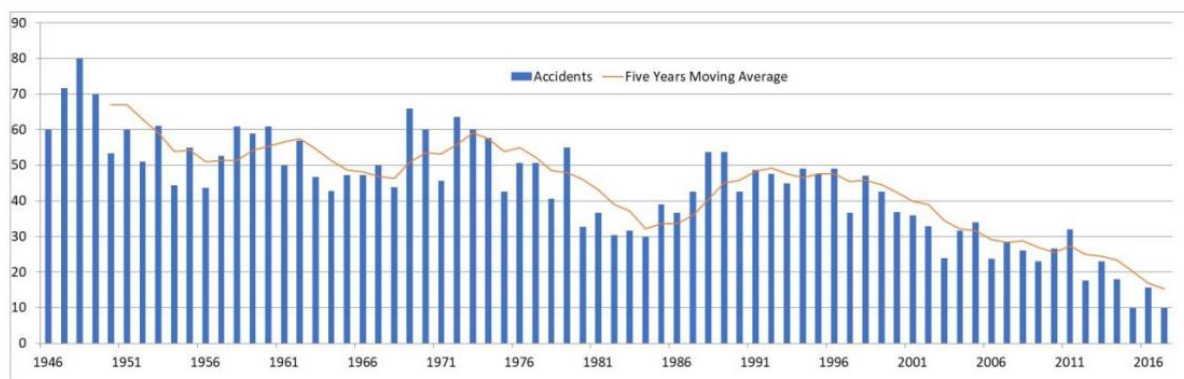


Figura 1: Acidentes fatais na Aviação

Fonte: (Santos and Melicio 2019)

Embora nos dias de hoje se verifique que o acidente não tem resultantes de uma simples ocorrência, mas sim de um conjunto de fatores, nem sempre os acidentes foram vistos dessa maneira, no início, existiam dois constituintes para culminar num acidente: as pessoas e a tecnologia. A tecnologia sempre foi vista como o principal problema quando algo corria mal, mas ao longo dos tempos a tecnologia tornou-se mais confiável e cada vez menos provável de falhar. Conforme o tempo foi passando e a tecnologia

avançando começou a tornar as pessoas como a principal causa e, mais recentemente, às organizações e à cultura como é possível verificar na figura 2.

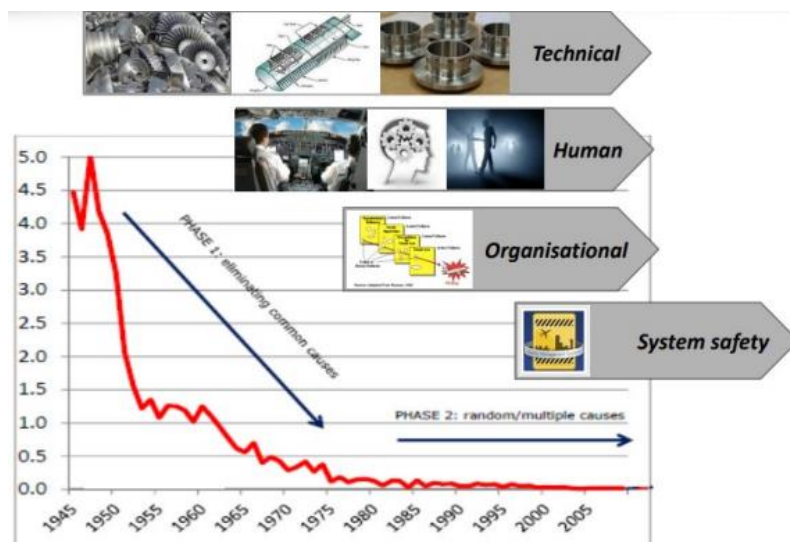


Figura 2: Causas dos Acidentes ao longo dos anos

Fonte: (ICAO 2013)

Os acidentes na aviação diminuíram globalmente desde a década de 1960 devido às melhorias e inovações no design de aeronaves e a sua confiabilidade. O declínio continuou até ao final dos anos 90, e começou a estabilizar aproximadamente no ano de 1997. A National Transportation Safety Board (NTSB) dos EUA sobre acidentes fatais em operações de passageiros também confirmam a tendência de decréscimo. Desde então que se tem mantido contante, indicando a importância que organizações estão a colocar em estratégias atuais de prevenção e mitigação de acidentes de aviação, bem como os avanços contínuos no projeto de aeronaves. (Kelly & Efthymiou, 2019).

A tecnologia foi avançando ao longo dos tempos e foram criados mecanismos para tornar a segurança dos equipamentos menos falíveis. Deste o início da aviação comercial que o homem se tem preocupado em aperfeiçoar a tecnologia de voo com o objetivo de garantir a maior segurança, principalmente em condições adversas de clima, procedimento e certificações. Com o passar dos anos, surgiram diversas tecnologias com esse propósito, de modo a realizar uma operação com o mínimo risco possível, nomeadamente a inclusão de sistemas de Autothrottle, Fly by Wire (FBW), Glass Cockpit

(EFIS/EICAS/ECAM) (Melo 2020). As certificações das áreas envolvidas são cada vez mais imprescindíveis, como Design, Produção, Modificação: Part-21 - Certifications Specifications, a Manutenção e Certificação do pessoal da manutenção: Part-M, PART-CAMO, PART 145, PART 147, PART 66, Operações PART-OPS e por fim Certificação Air Crew: PART-AIRCREW) (EASA, n.d.).

Época	Inovações tecnológicas	Exemplo de Aeronave
Década de 30	Desenvolvimento do giroscópio e sua utilização nos instrumentos de bordo.	Junkers F-13
Década de 50 e 60	Desenvolvimento de sistemas aeronáuticos relacionados com a operação das aeronaves.	Douglas DC-3
Década de 60 e 70	Desenvolvimento e consolidação de grandes aviões de transporte propulsados com motores a reação.	Boeing 707
Década de 70 e 80	Desenvolvimento e consolidação de sistemas autônomos de navegação e redução de tripulantes técnicos a bordo através da automação de funções.	Boeing 767
Década de 80 e 90	Desenvolvimento e consolidação de sistemas de navegação por satélites.	Airbus 330
Década de 90	Desenvolvimento e consolidação de sistemas de gestão em cabines de alta tecnologia digital	Boeing 787 Billings

Figura 3: Evolução tecnológica na aviação

Fonte: (Melo 2020)

A automatização dos sistemas é a alteração das tarefas anteriormente executadas pela mão humana para uma serem feitas por máquinas ou dispositivos de forma automatizada, sem interação do homem. Com isso, é pretendido auferir eficiência e segurança, economizando nos salários na indústria e aumentando ainda o nível de qualificação necessária. Entre os sistemas de automatização na aviação estão os sistemas de piloto automático que veio melhorar e otimizar descanso do piloto necessário em voos de longa duração. Além disso, o sistema *Autothrottle* permite ainda o controlo automático da potência gerada pelos motores para um dado momento da operação, tornando os sistemas convencionais que tem um custo financeiro mais elevado assim como uma menor eficiência. Este controlo torna-se fundamental para que os pilotos tivessem capacidade de ter atenção a outras tarefas, assim como possível descanso. O Fly by Wire (FBW) permite que os atuadores das superfícies sejam controlados e acionados através de sinais elétricos que são transmitidos a um

computador de bordo. Trouxe também inúmeras vantagens como o aumento no desempenho da aeronave, habilidade de integrar controles adicionais aos movimentos, como por exemplo, a utilização de flaps para manobrar a aeronave e não somente para as descolagens e pousos e a possibilidade de o piloto realizar manobras despreocupadamente. Por fim, o glass Cockpit (EFIS/EICAS/ECAM) veio auxiliar as tomadas de decisão necessárias à navegação. Para as decisões os pilotos dispõem de telas e monitores chamadas glass cockpit que contemplam os sistemas de navegação, instrumentos do motor e outros. As suas funções são as de fornecer informações relativas à aeronave e à sua capacidade de manter um voo seguro, ao seu posicionamento geográfico, aos dados sobre o deslocamento e ainda informações sobre os sistemas da aeronave. O sistema que fornece dados de cabine é conhecido como *Electronic Flight Instrument System – EFIS*. Por sua vez, o sistema de alerta da tripulação e indicação do motor denomina-se *Engine Indicating and Crew Alerting System – EICAS* e o monitor eletrônico central da aeronave tem o nome de *Electronic Centralized Aircraft Monitor – ECAM*. (Melo 2020). Com estes avanços na tecnologia, para além da necessidade de reduzir custos e otimizar sistemas, irá também beneficiar a segurança nas operações de voo, uma vez que, ao longo dos tempos, o safety passou a ser uma componente importante na indústria aérea. (Le Coze 2020).

Para além de investimentos a nível de automatização de sistemas, também os fatores humanos foram tendo evoluções ao longo dos anos, os fatores humanos como disciplina nasceu apenas na década de 1940 na área da aviação (Harris 2012). Estas inovações têm em vista a redução dos acidentes aéreos, uma das ferramentas mais bem-sucedidas na gestão do erro humano foi a introdução do programa do Crew Resource Management (CRM). Uma série de acidentes nos anos de 1970, muitos destes acidentes foram causados por erro humano. A NASA, já pioneira neste estudo de fatores humanos na aeronáutica e na astronáutica iniciou o seu programa de fatores humanos deste 1973. O CRM foi projetado para diminuir o erro e aumentar a eficiência da tripulação. O CRM é definido para um uso ideal pela tripulação com todos os recursos disponíveis (informações, equipamentos, materiais e recursos), tendo englobado um conjunto de comportamentos e estratégias que possuem e devem seguir em prol da segurança combinando assim, habilidades técnicas e humanas. O CRM é um programa

de treino e de habilidades de modo a gestão baseado em evidências, projetando para melhorar a comunicação, a tomada de decisões e a adaptação e a adaptação entre os membros da equipa. Este programa enfatiza a natureza do erro humano e reconhece que é inerente ao comportamento humano, criando procedimentos de trabalho muito definidos e pretende também que os erros cometidos sejam reportados sem que os mesmo impliquem sanções, este tipo de comunicação pretende criar um sistema proativo de melhoria de desempenho na medida em que tenta criar barreiras ao erro antes mesmo que ele aconteça. Esta ferramenta, resumidamente, é fundamentalmente criada para melhorar o desempenho de uma equipa com o objetivo de reduzir o efeito do chamado erro humano e otimizar a execução através da utilização de todos os recursos disponíveis. Atualmente os programas de CRM incluem diferentes módulos que abordam conceitos chave baseados num design com três principais áreas: Comando (direção, comunicação e processos decisores), liderança (liderança, ambiente de trabalho e gestão de equipas) e gestão de recursos (gestão de recursos, carga de trabalho e análise de situação). O surgimento do CRM constitui um marco fundamental na relação psicologia-aviação e muda a visão de segurança aeronáutica de modo a reduzir o erro humano e aumentar a eficiência das tripulações para além do CRM a checklist foram criadas com o mesmo intuito (Muñoz-Marrón 2018).

Os check-lists não eram necessários nos primeiros dias da aviação devido a simplicidade das aeronaves (Myers 2016). Embora os check-lists tenha sido considerado a muito tempo como base da padronização da segurança da cabine o seu uso improprio, ou o não uso, é frequentemente citado como um dos principais fatores contribuintes para acidentes de aeronaves. A sua principal função é garantir que a tripulação configure a aeronave adequadamente ao segmento de voo, é por isso uma padronização de procedimentos de cockpit. Esta lista é subdividida em várias listas de verificação de tarefas específicas para quase todos os segmentos de voo (exemplo: descolagem, aproximação e pouso). O check-list são destinados a atingir os seguintes objetivos:

- (1) Fornecer um padrão de verificação de configuração da aeronave tentado contornar as condições psicológicas e físicas da tripulação;

- (2) Fornecer uma estrutura sequencial para atender aos requisitos operacionais internos e externos da cabine;
- (3) Verificação cruzada entre os membros da tripulação;
- (4) Determinar os deveres de cada tripulação para facilitar a coordenação ideal e a distribuição de tarefas;
- (5) Manter todos os membros da equipa “no circuito”;
- (6) Serve como uma ferramenta de controlo de qualidade pela gestão do voo e reguladores governamentais sobre as tripulações.

Outro dos objetivos do check-list é a eficácia da promoção de uma atitude positiva em relação ao uso deste procedimento, para o sucesso dessa missão é necessário que esta bem fundamentado dentro do ambiente operacional para a mesma ter uma boa percepção de sua importância e não a considerar uma tarefa incomoda (Degani and Wiener 1993). Os benefícios de usar o check-list são a melhoria do processamento de informações e reduz a carga de trabalho, reduz o erro, pode melhorar o tempo de resposta. O principal desafio são as situações inesperadas, é um problema intrínseco do check-list são a incapacidade de prever todas as situações não normais que a tripulação pode encontrar (Myers 2016). Todas estas áreas foram importantes para conseguir reduzir os erros a bordo das aeronaves, para além das inovações na área dos fatores humanos, dos sistemas também o departamento do Safety evolui e criou uma ferramenta para o apoio das áreas operacionais.

O Safety management systems (SMS) apoia-se na segurança de sistemas, mas amplia a sua visão incluindo os fatores humanos com o desempenho humano como efeito chave da segurança durante todo o processo da operação do sistema. A grande diferença entre a Segurança do Sistema e o SMS é que este último opta por uma abordagem proativa do sistema e não se baseia apenas nas auditorias prescritas e inspeções, ou seja, esta abordagem pretende basear-se no desempenho. A responsabilidade pela segurança esta em todas as áreas e diferentes níveis de toda a estrutura organizacional. Esta abordagem permite assim que haja um maior número de pessoas a observarem os possíveis problemas de segurança e reportá-los de modo que

o nível de perigo de passar sem ninguém perceber seja mais reduzido. Isso segue o conceito de James Reason (cadeia de causalidades). (Yeun, Bates, and Murray 2014)



Figura 4: Componentes do SMS

Fonte: (ICAO 2013)

Na figura 4 estão representados os quatro componentes do SMS segundo a ICAO, a sua política e objetivos, a gestão dos riscos, a promoção da segurança e a garantia da segurança. Os principais processos de um Safety management systems (ICAO 2013):

- (1) Identificação de perigos – É um método para identificar perigos relacionados com a organização (perigos operacionais ou técnicos);
- (2) Relatórios de Segurança – Um processo para verificação e análise de dados de segurança;
- (3) Gestão dos riscos – Um padrão para avaliar riscos e aplicar em controlo dos mesmos.
- (4) Medida de desempenho – Ferramentas de gestão para analisar a eficácia das metas de segurança da organização que estão a ser propostas.

- (5) Garantia de segurança – Processos baseados em princípios de gestão da qualidade, com base na melhoria contínua do desempenho de segurança da organização.

A ICAO criou uma estrutura de SMS recomendada como modelo genérico para todos os seus Estados Membros, passível de ser ajustada a cada caso.

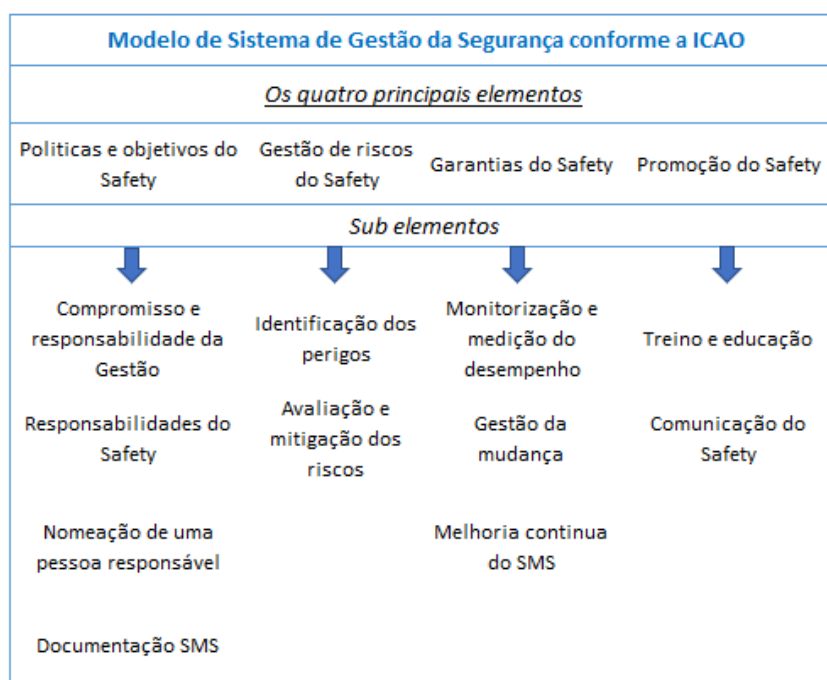


Figura 5: Modelo SMS pela ICAO

Fonte: (Yeun, Bates, and Murray 2014)

Na figura 5 é possível observar os quatro elementos bases do modelo de SMS criado pela ICAO. As principais características de qualquer SMS são descritas como o compromisso da administração com a segurança, pois as atitudes e ações da gestão podem influenciar a cultura e formas de trabalhar da organização. Também o processo proativo da identificação dos perigos, e a sua notificação para a continua identificação imediata e a comunicação do perigo para que possa ser mitigado, ainda as ações deveram ser apropriadas e oportunas para gerir o risco a níveis baixos, e por último um programa robusto de gestão de mudanças para mais fácil avaliação e ação da segurança. Esta avaliação continua é importante e necessária para garantir que o processo é fechado e que todas as atividades corretivas necessárias são tomadas. (Yeun, Bates, and Murray 2014).

A causa imediata de muitos acidentes é identificada como humano ou técnico falha, mas estes, por sua vez, geralmente decorrem de falhas organizacionais que são de responsabilidade da gestão. (ICAO 2013)

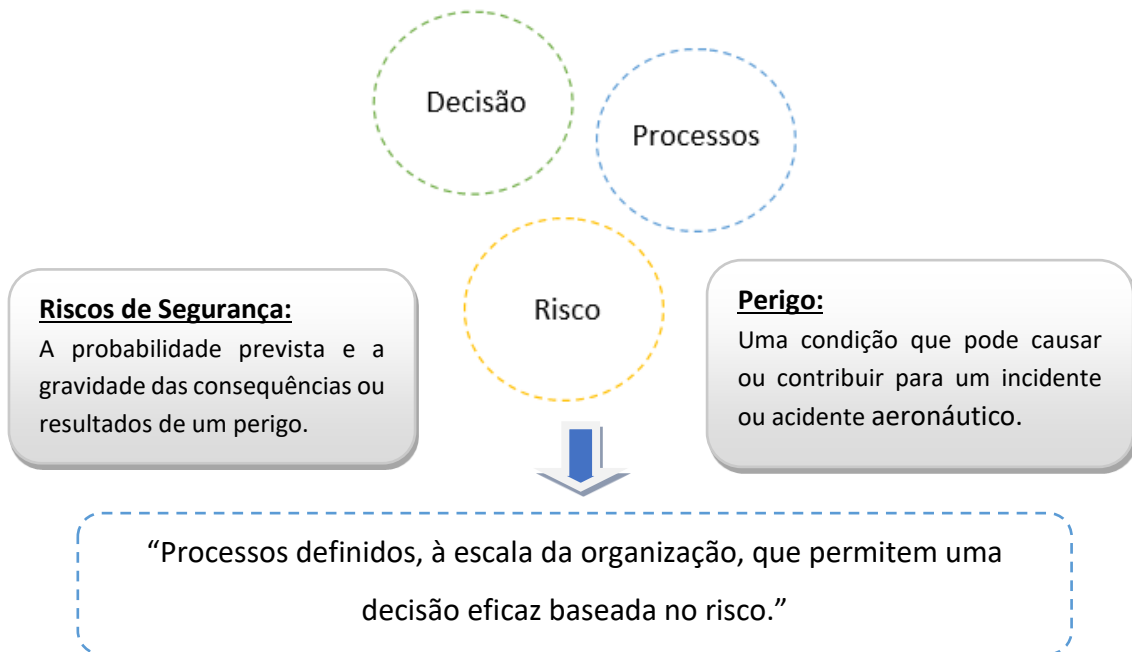


Figura 6: Sistema de gestão de segurança (SMS)

Fonte: (ICAO 2013)

Nos tempos de hoje é necessário que se continue a fazer esforços para que o SMS seja eficiente, é preciso continuar a fazer mais devido (Ni et al. 2019):

- (1) Ao ritmo acelerado das mudanças tecnológicas
- (2) Novos modelos de negócios
- (3) Mudança da natureza dos acidentes
- (4) Capacidade reduzida de aprendizagem com a experiência
- (5) Relação complexa entre os humanos e as automatizações
- (6) Mudanças nas visões regulamentares sobre a segurança

Para além das causas tecnológicas e de fatores humanos também o clima é responsável por uma parte de acidentes aéreos. O clima e a aviação têm uma relação complexa que atormenta a aviação há mais de 100 anos (Fultz & Ashley, 2016). Apesar dos avanços na compreensão científica e tecnológica desde o início de 1900, o clima causa preocupação para a segurança e sabe-se pouca sobre as características dos

acidentes fatais relacionados ao clima na aviação geral. O clima foi responsável por 35% dos acidentes fatais da aviação geral, dos quais 60% ocorreram enquanto as condições meteorológicas não eram as melhores. Estes acidentes acontecem com mais frequência entre outubro e abril, nos fins de semana, nos períodos de manhã e da noite e em locais montanhosos (Fultz and Ashley 2016).

Houve uma redução ao longo dos tempos com acidentes e fatalidades da aviação geram relacionados ao clima desde a década de 1980, no entanto, esses acidentes ainda não responsáveis por cerca de 100 mortes por ano nos Estados Unidos. Mesmo como avanços tecnológicos como o radar via satélite no cockpit, o clima continua a ser um obstáculo consistente na segurança geral da aviação. Isso deve-se em grande parte ao erro do piloto e ao desempenho da aeronave (Fultz and Ashley 2016). Os acidentes fatais relacionados com o clima diminuíram em taxas mais lentas do que todos os acidentes da aviação geral. Os acidentes relacionados com o clima diminuíram a uma taxa 2,57 vezes mais lenta do que a de todos os acidentes da aviação geral, e os acidentes fatais relacionados ao clima diminuíram a uma taxa 1,73 vezes mais lenta do que a de todos os acidentes fatais da aviação geral. (Fultz and Ashley 2016).

O risco de segurança na aviação pode ser expresso pela taxa de acidentes, taxa de incidentes ou taxa de incidentes inseguros. Na aviação civil, um incidente significa uma ocorrência diferente de um acidente que está associada a operação de uma aeronave, que pode afetar ou não a segurança do voo. Um incidente sério refere-se a uma circunstância que esteja ligada a operação de uma aeronave e que possa culminar num acidente e um incidente grave dá-se entre o momento em que há embarque de tripulação na aeronave e o momento do desembarque da mesma. (Ni et al. 2019).

Atualmente muitos estudos são feitos para identificar os fatores relevantes que são os principais motivos para um acidente ou incidente da aviação. Os principais reconhecidos são (Khatri et al. 2015):

1. Aeronave
2. ATC
3. Ocorrências de Carga
4. Colisões

5. Fatores externos
6. Tripulações a bordo
7. Incêndio
8. Aterragem e descolagem
9. Safety
10. Clima
11. Fatores desconhecidos

O desenvolvimento do pensamento sobre a segurança pode ser descrito em termos de desenvolvimento sobre causas e mecanismos: as causas são a origem, ou seja, a explicação do porquê de os acidentes acontecerem; os mecanismos referem-se à maneira, ou seja, à forma de como os acidentes acontecem. A mudança diz respeito à natureza das causas nos constituintes do sistema de trabalho e a evolução traz daí novos desafios (Janic 2000).

A Aviation Safety Network (ASN) fornece informações atualizadas e confiáveis sobre acidentes aéreos e questões de segurança. Tem bases de dados onde constam acidentes e incidentes, este banco de dados é atualizado todos os dias e contém a descrição de mais de 23 mil aviões de passageiros, aeronaves de categoria de transporte militar e acidentes de aeronaves a jato corporativo com data de 1919. Estas informações são obtidas na sua maioria por agências governamentais oficiais. Esta base de dados poderá ter algumas limitações pois pode não ter todos os acidentes e podem não ser fatais (falta de alguns acidentes que o autor desconhece o porquê). (“ASN,” n.d.)

O relatório de segurança de 2021 emitido pela Aviation Safety Foundation identificou uma série de riscos de segurança que necessitam de ser mitigados, as áreas desses riscos são excursão de pista de decolagem, perda de controlo em voo e voo controlado para o terreno. Alguns riscos são bem compreendidos como documentados ao longo dos anos, outros riscos foram menos bem estudados devido a falta de dados divulgados e precisam de tomar mais atenção aos mesmos. As pandemias COVID-19-19 provocaram mudanças operacionais e essas mudanças podem provocar novas ameaças se as mesmas não forem identificadas e mitigadas (Flight Safety Foundation, 2022).

Os acidentes fatais são normalmente bastante estudados para compreender o desempenho da aviação, mas há poucos acidentes fatais em relação ao número de voos operados num ano, sendo necessário examinar uma gama mais ampla de dados para alcançar uma visão de risco mais precisa. É necessário verificar áreas de risco existentes e comparar com o risco em diferentes setores (Flight Safety Foundation, 2022).

As investigações de acidentes e os seus relatórios são essenciais para melhorar o desempenho da segurança. Desde modo podemos compreender as causas, os fatores contribuintes, esta dinâmica de investigação de acidentes passados é crucial para prevenir futuros acidentes e incidentes. Após haver um acidente os reguladores, investigadores e fabricantes divulgam avisos e orientações com base em descobertas preliminares da investigação, ainda assim é importante os relatórios serem divulgados para a avaliação de risco e sistemas de gestão de segurança. Há uma percentagem significativa de acidentes e incidentes graves que não é investigada e outros casos em que as investigações levam muito tempo a serem concluídas (Flight Safety Foundation 2022). As normas internacionais e as práticas recomendadas relacionadas com as investigações de acidentes encontram-se no Anexo 13 da ICAO. Aproximadamente 71% de todos os estados-membros da ICAO promulgaram regulamentos exigindo que todos os relatórios finais fossem concluídos e disponibilizados ao público. No entanto, menos de metade dos membros da ICAO estabeleceram e implementaram efetivamente procedimentos para garantir que o relatório final seja concluído com brevidade (Flight Safety Foundation, 2022).

A pandemia afetou o bem-estar dos profissionais da aviação, é importante que todas as partes interessadas entendam o impacto e implementem medidas para o abordá-lo. 52% dos operadores indicaram que a equipa descreveu aumento de a fadiga após retomar as suas funções, para a além disso foram relatados também aumento de stress, e ainda com menor percentagem um aumento no nível de relatórios sobre problemas de saúde mental durante a pandemia (Flight Safety Foundation 2022).

O relatório de segurança 2021 da Flight Safety Foundation identificou vários riscos e preocupações que devem ser tratados proactivamente pelos operadores, reguladores e outras organizações. Apesar da análise o sistema da aviação exibiu um

grau surpreendente de resiliência após a pandemia, embora tenham sido identificamos importante lacunas e áreas de risco que precisam de ser analisadas (Flight Safety Foundation, 2022). Todos os anos, diferentes organizações a FAA, a ICAO, a CAA e os principais fabricantes de aviões comerciais (Boing e Airbus), fornecem relatórios valiosos sobre acidentes aéreos. Estes relatórios baseiam-se em estatísticas descritivas de acidentes, como a taxa de acidentes fatais e fatalidade em todo o mundo por ano, natureza de voo, idade de aeronave. Podem também fazer análises sobre diferentes fatores causais para esses acidentes e comportamentos associados a esses eventos (Das & Dey, 2016).

CAPÍTULO III- METODOLOGIA

A metodologia usada na investigação recorre a uma abordagem quantitativa que será analisada através de uma análise estatística da base de dados sobre os acidentes na aviação civil nos últimos 40 anos recolhida pela *Aviation Safety Network*.

Foi necessário recorrer a um levantamento dos últimos 40 anos dos acidentes e indicadores económicos ocorridos no espaço aéreo dos Estados Unidos e dizem respeito ao período entre 1980-2021 (40 anos) e foram organizados e analisados pelos seguintes dados:

- (1) Número de Acidentes por Ano;
- (2) Número de Fatalidades por Ano;
- (3) Número de Acidentes por fases de voo (Solo, descolagem, em rota, aproximação e aterragem;
- (4) Número de Acidentes por causas raiz (Técnico, ambiente, erro humano e sabotagem)
- (5) Tipo de voo (Voos de passageiros, voos de carga)
- (6) Correlação com fatores económicos
- (7) Correlação com número de profissionais na operação de um voo

Após o levantamento dos dados é usada a ferramenta de software do SPSS para tratar os dados e fazer os gráficos, é possível então compreender de forma objetiva a evolução temporal dos acidentes e das suas variáveis associadas vendo a sua variação ao longo dos últimos anos até aos dias de hoje. O software SPSS foi a ferramenta científica escolhida para a análise estatística deste projeto. Para além de uma análise estatística, é possível também verificar as correlações de Pearson, elaboradas também no SPSS com outros dados retirados com Data World Bank para verificar a sua correlação com o crescimento do PIB e da inflação com os acidentes, foi feito também os mesmos ciclos de voo. Para especificarmos uma curiosidade fomos verificar com os dados que encontramos na FAA sobre o número de profissionais envolvidos nas operações e verificar a correlação dos mesmos com os acidentes com causas dos erros humanos.

A correlação de Pearson é o método de correlação usado pela ferramenta SPSS mais usada para fazer correlações. “A correlação é uma medida de associação bivariada (força) do grau de relacionamento entre duas variáveis” (Britto et al., 2009). O coeficiente de correlação Pearson (r) varia de -1 a 1. O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Uma correlação perfeita (-1 ou 1) indica que as variáveis são fortemente relacionadas, no oposto, uma correlação de valores de zero indica que não há relação entre as variáveis. (Britto et al. 2009).

Para além do modelo de correlação foi usado para previsão dos próximos anos o modelo ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) é um modelo autorregressivo de média móvel. Os modelos de média movel utilizam a média das observações registadas, como previsão para um determinado período no futuro. Nestes modelos tem-se que as médias móveis podem ser simples, centradas ou ponderadas. Para os modelos que utilizam a média móvel simples pode-se definir uma equação do tipo: $\hat{X}_t = x_{t-1} + x_{t-2} + \dots + x_{t-n}/n$. Em que n (janela de observações) – número de observações e $\hat{X}_t$ – média. (Manuel and Xavier 2016). Este modelo baseia-se também nos gráficos da função de autocorrelação e da função de autocorrelação parcial para que por meio visual dos decaimentos das funções fosse possível estimar o modelo adequado. (De and Santos, n.d.) O método ARIMA é obtido com um conjunto de fatores e ainda verifica os valores existentes nos anos anteriores, ou seja, se nos anos das previsões houver uma alteração de fatores ou se os fatores utilizados forem muitos existe sempre um erro associado. Como os últimos anos foram fora do normal na medida em que houve menos voos, o ano de 2022 poderá ter uma discrepância dos valores previstos para os valores reais pois os fatores como por exemplo os números de voos podem ter aumentado e isso é o suficiente para as previsões serem diferentes dos valores reais.

CAPÍTULO IV- RESULTADOS

4.1. Acidentes por Ano

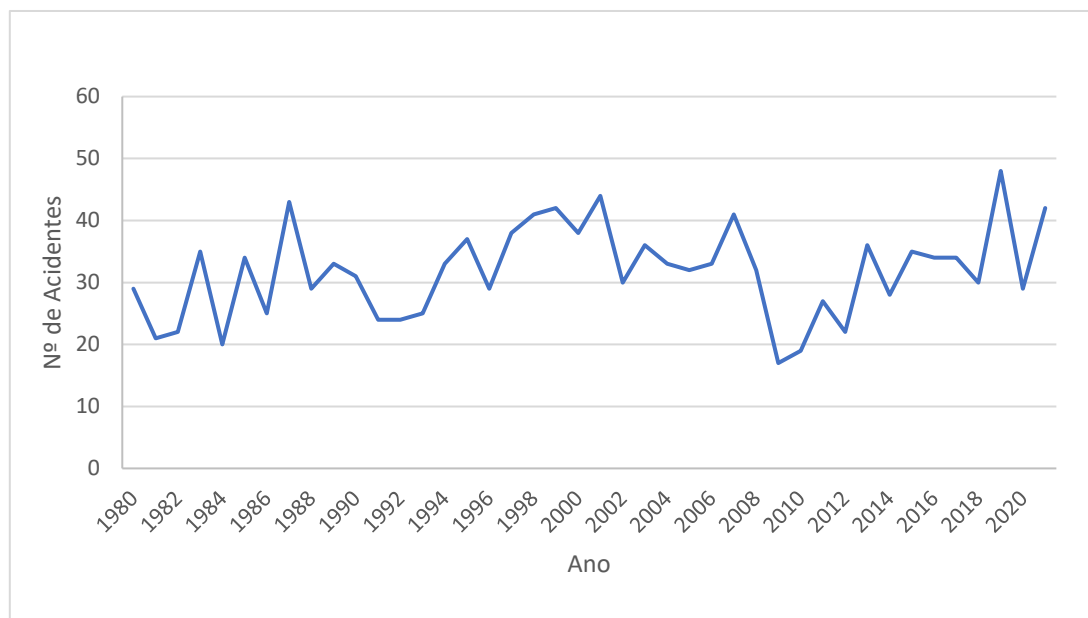


Figura 7: Gráfico “Acidentes por Ano”

É possível verificar na Figura 7 que o número de acidentes nos Estados Unidos tem uma forma bastante linear apenas poucos picos acontecem durante os 40 anos em estudo. Os destaques observados são os anos de crises económicas tem tendência a um decréscimo de acidentes como acontece na crise de 2001 após o acidente do 11 de Setembro existiu um decréscimo de acidentes, como é possível verificar na figura 7 que também há decréscimo de número de voos e de passageiros transportados conforme é possível verificar na figura 47. É analisada a correlação entre alguns indicadores económicos e o número de acidentes de modo a perceber se os mesmos poderiam estar ligados.

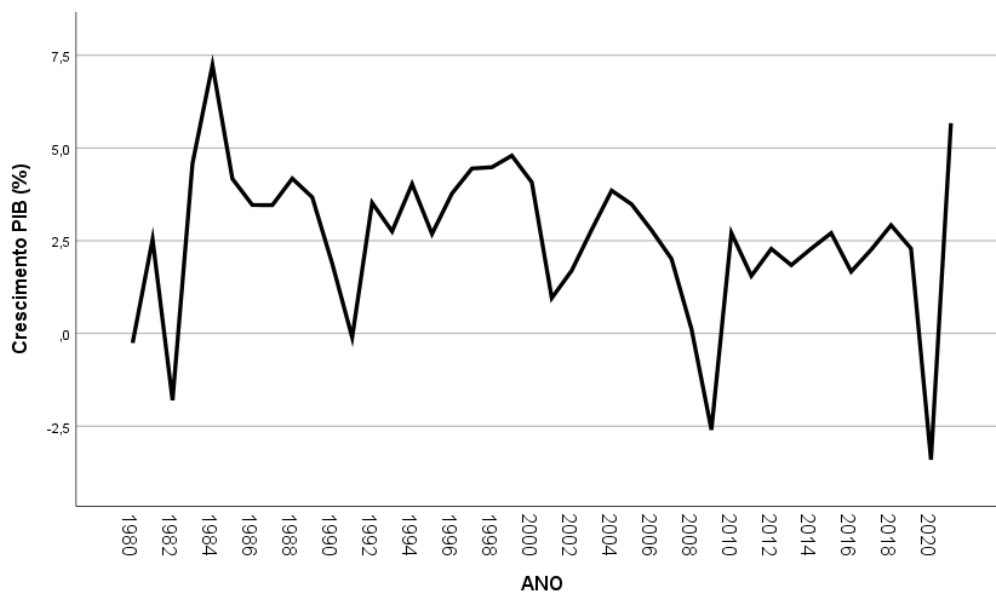


Figura 8: Crescimento do PIB (%)

A curva do crescimento do PIB (%) como é possível verificar na figura 8 tem as mesmas quebras nos anos em que os acidentes também são menores como podemos observar nos anos 1990, 2001 e 2009 e ainda no ano 2020 pois são anos de crises em que o país tem uma menor capacidade financeira. Com estes dois gráficos faremos a correlação entre os dois gráficos para verificar as evidências dos gráficos acima.

Crescimento do PIB (%)	
Número de Acidentes	0,290

Tabela 1: Correlação entre o Número de Acidentes entre e o Crescimento do PIB

O número de acidentes e o Crescimento do PIB estão correlacionados positivamente como observado na tabela 1. O que significa que quando um aumenta o outro também aumenta e quando um desce o outro também desce. É possível verificar que o produto interno bruto está diretamente relacionado com o número de acidentes, contudo sabemos que a correlação entre os dois fatores é uma correlação fraca pois esta mais perto do 0 do que do 1. É possível analisar se a inflação terá alguma correlação com o número de acidentes ou se o mesmo não se reflete.

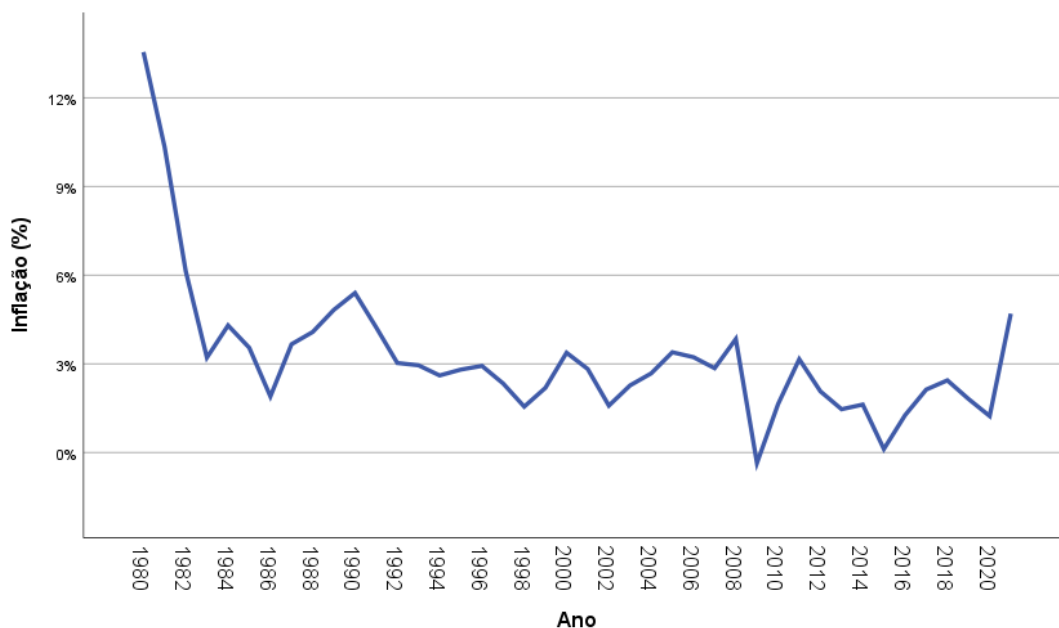


Figura 9: Inflação

O comportamento da inflação tem algumas quebras nos mesmo moldes que o crescimento do produto interno bruto como observado na figura 9. Com as quebras dos períodos que crise e com alterações nos outros períodos. Correlacionemos os gráficos de modo a verificar a veracidade.

	Inflação (%)
Número de Acidentes	-,160

Tabela 2: Correlação entre o Número de acidentes e a Inflação

O número de acidentes está negativamente correlacionado com a inflação. Ao contrário do crescimento económico a inflação comporta-se de modo diferente pois neste caso quando uma cresce a outra diminui. Isto poderá ter influência pois quando a inflação sobe deixa o poder de compra das famílias mais vulnerável fazendo com que se reflita em todo o tipo de mercados e serviços, de notar que embora exista uma correlação entre os dois fatores a correlação é fraca pois esta mais perto o 0 do que do 1. Os dados da tabela 2 foram retirados do de um site oficial de dados ("World Data Bank," n.d.).

4.1.1. Previsão de Acidentes

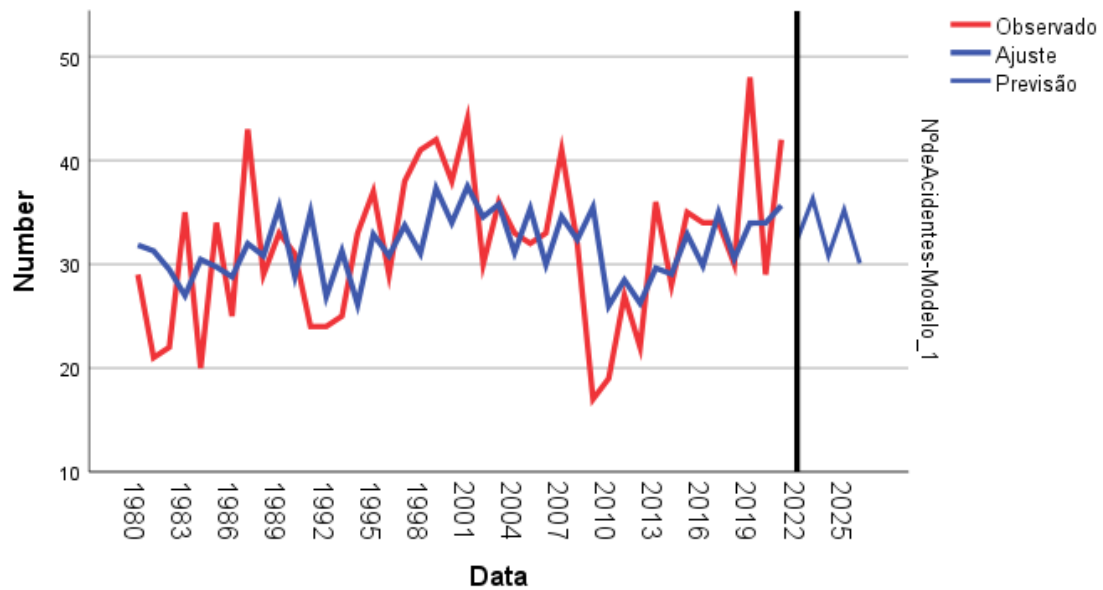


Figura 10: Previsão de Acidentes

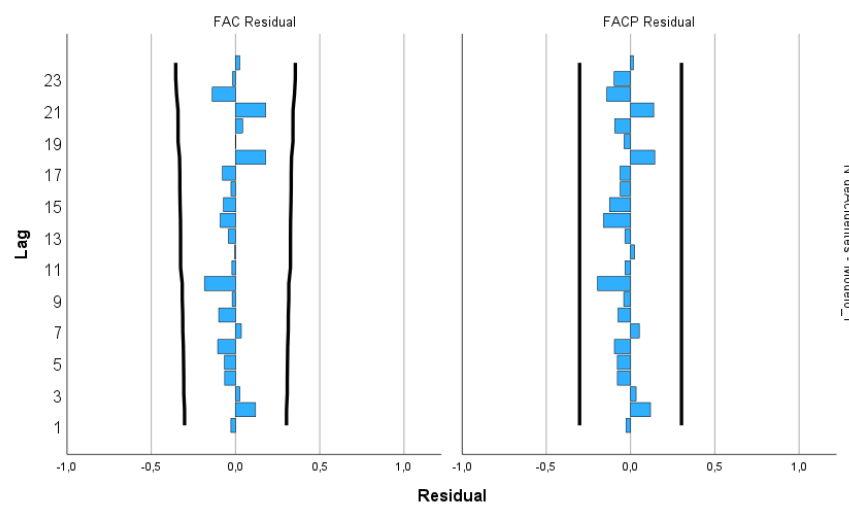


Figura 11: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes"

Foi usado o modelo ARIMA do programa SPSS para ser verificado a previsão de acidentes para os próximos 5 anos. A figura 12 demonstra que o modelo utilizado é o mais adequado para este tipo de previsão. Na figura 11 verificamos a credibilidade do modelo de previsão.

Ano	Valores Previstos
2022	32
2023	36
2024	31
2025	35
2026	30

Tabela 3: Estatística de próximos acidentes

A tabela 3 demonstra os valores previstos para os próximos 5 anos e é possível verificar que os mesmos estão ajustados com o esperado, foi utilizada a lista de acidentes de 2022 para verificar se estas previsões foram comprovadas.

Ano	Data	Aeronave
2022	22 janeiro de 2022	Airbus A320-232
2022	02 fevereiro de 2022	Hawker 1000
2022	18 fevereiro de 2022	Embraer EMB-500 Phenom 100E
2022	21 fevereiro de 2022	Raytheon Hawker 800XP
2022	21 fevereiro de 2022	DHC-3T Texas Turbine Otter
2022	28 fevereiro de 2022	Embraer ERJ-175
2022	06 março de 2022	Faia 200 Super King Air
2022	09 março de 2022	Honda HA-420 HondaJet
2022	17 março de 2022	Cessna 208B Super Cargomaster
2022	17 março de 2022	Cessna 208B Super Cargomaster
2022	02 abril de 2022	Learjet 75
2022	13 abril de 2022	Cessna 208B Grande Caravana
2022	14 abril de 2022	Swearingen SA227-DC Metrô 23
2022	17 abril de 2022	Cessna 525B CitationJet CJ3
2022	24 maio de 2022	Lontra de turbina DHC-3T
2022	07 junho de 2022	Bombardier Challenger 300
2022	07 junho de 2022	Shorts SC.7 Skyvan 3-200
2022	13 junho de 2022	Cessna 550 Citation II
2022	17 junho de 2022	Airbus A330-202
2022	21 junho de 2022	MD-82
2022	26 junho de 2022	Cessna 208 Caravana I
2022	13 julho de 2022	Cessna 208B Super Cargomaster
2022	15 julho de 2022	Raytheon Beechjet 400A
2022	21 julho de 2022	Cessna 680 Citation Sovereign
2022	26 julho de 2022	Airbus A321-211 (WL)
2022	28 julho de 2022	DHC-3T Vazar Turbine Otter
2022	05 agosto de 2022	Boeing 777-FDZ

2022	06 agosto de 2022	Boeing 757-251 (WL)
2022	15 agosto de 2022	Cessna 560 Citation Encore
2022	20 agosto de 2022	Faia 99
2022	04 setembro de 2022	Lontra de turbina DHC-3T
2022	07 setembro de 2022	Cessna 750 Citation X
2022	09 setembro de 2022	Jato Cirrus SF50 Vision
2022	20 setembro de 2022	Cessna 525B CitationJet CJ3
2022	27 setembro de 2022	Cessna 550 Citation II
2022	03 outubro de 2022	Embraer EMB-545 Legado 450
2022	03 novembro de 2022	Eclipse EA-550
2022	14 novembro de 2022	Antonov An-2
2022	15 novembro de 2022	Expedidor Fairchild SA227-AT
2022	15 novembro de 2022	Honda HA-420 HondaJet
2022	18 novembro de 2022	Cessna 208B Grand Caravan EX
2022	25 novembro de 2022	Cirrus SF50 Vision Jet G2
2022	29 novembro de 2022	Learjet 45
2022	15 dezembro de 2022	Swearingen SA226-TC Metro II
2022	27 dezembro de 2022	Embraer Phenom 300

Tabela 4: Número de Acidentes em 2022

Os dados da tabela 4 foram retirados do ASN. O total de acidentes em 2022 é superior ao esperado pois o modelo prevê que haja para este ano 32 acidentes valores já ultrapassados no ano de 2022, foram registrados 45 acidentes neste ano. Em comparação com ao ano de 2021 o ano de 2022 terá aumentado o número de acidentes. No entanto verificamos que a tendência prevista dos acidentes é uma descida embora pouco acentuada para os próximos 5 anos.

4.2. Vítimas por Ano

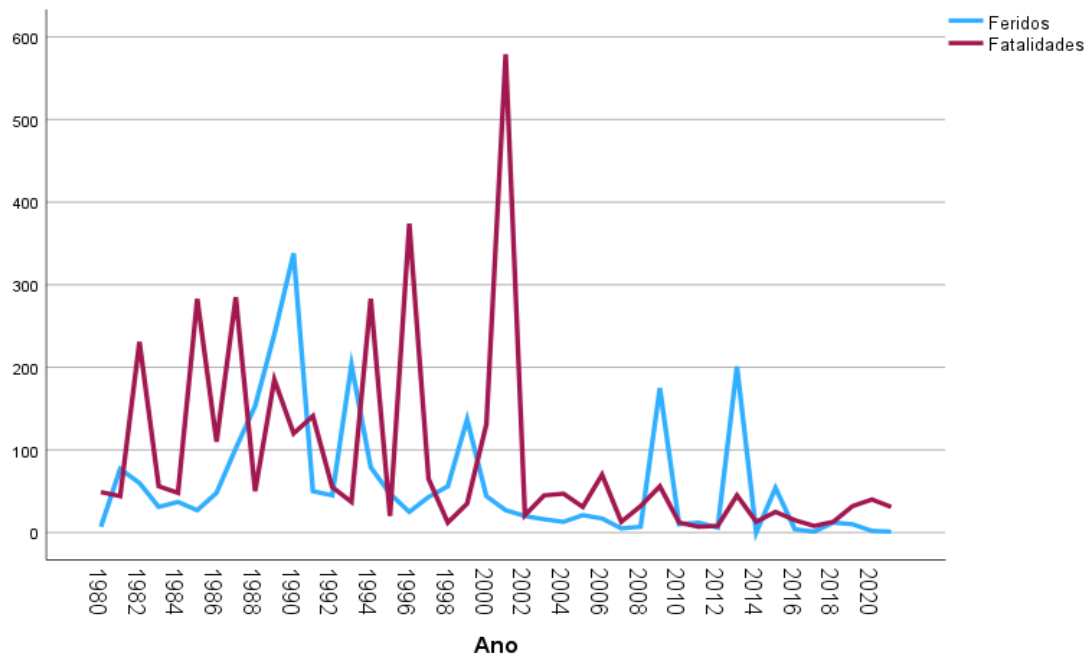


Figura 12: Gráfico "Vítimas por Ano"

Relativamente às vítimas dos acidentes é possível observar na figura 12 que este número tem vindo a ter um decréscimo tanto nos feridos como nas fatalidades. O maior destaque do gráfico é na linha das vítimas mortais no ano de 2001, verificando-se que é referente ao fatídico dia 11 de setembro com o atentado terrorista contra as torres gémeas. Nos anos após este mesmo ato, é possível verificar que houve menos número de mortes e feridos assim como também em cima verificado que nos anos que se sucederam existiram menos voos, para além do número de voo houve após esse dia uma reestruturação na segurança em voo e nos aeroportos. A partir desse dia foi dada mais ênfase às questões de segurança a nível global pois sou um alerta do risco de novos acontecimentos ilícitos o que foi necessária que os organismos internacionais adequassem o seu quadro normativo em função dos riscos e da evolução das novas tecnologias a fim de proteger a aviação civil contra estes atos (Catarino, n.d.). Nesta altura as primeiras medidas imediatas a tomar foram a entrada de material pontiagudo na Lista de Produtos proibidos pela ICAO e a necessidade de enrijecer as portas da cabine (de Oliveira Francellino, n.d.). Outras medidas foram também tomadas ao longo

dos tempos. Após o 11 de Setembro podemos observar que houve um decréscimo acentuado no nível de acidentes com vítimas mortais assim como feridos o que tem estado a decrescer até aos dias de hoje.

4.2.1. Previsão de vítimas

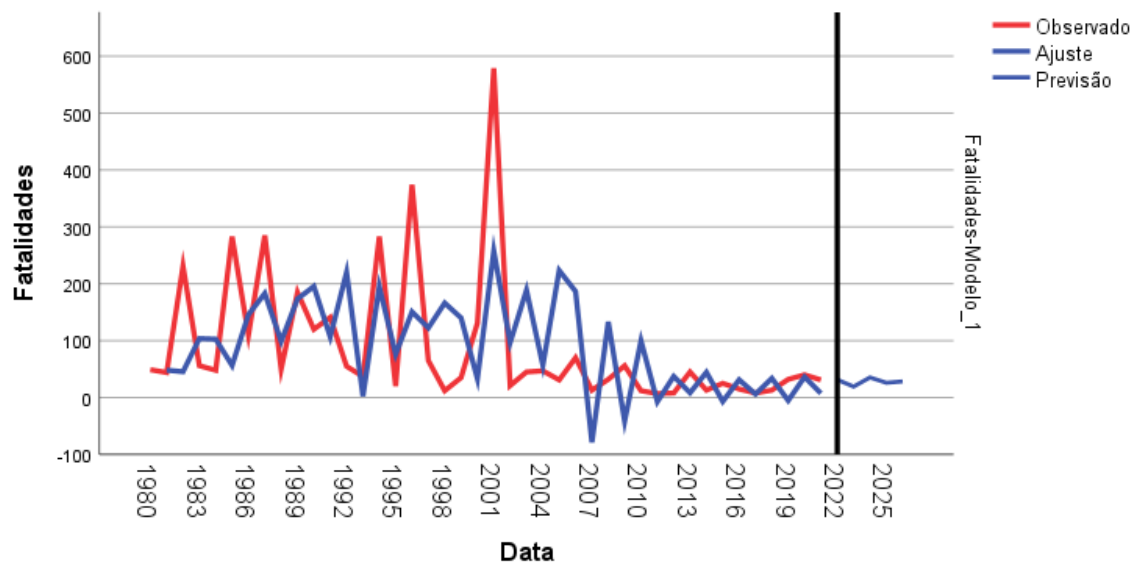


Figura 13: Previsão de fatalidades

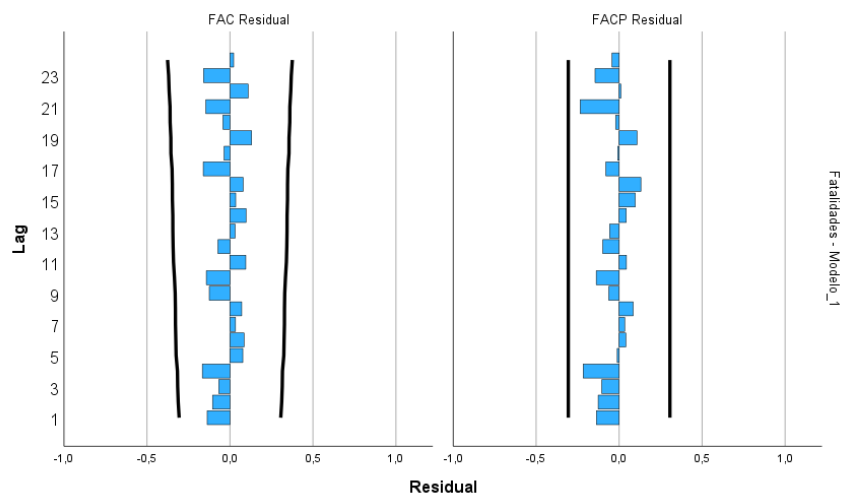


Figura 14: Critérios de adequabilidade "Previsão de fatalidades"

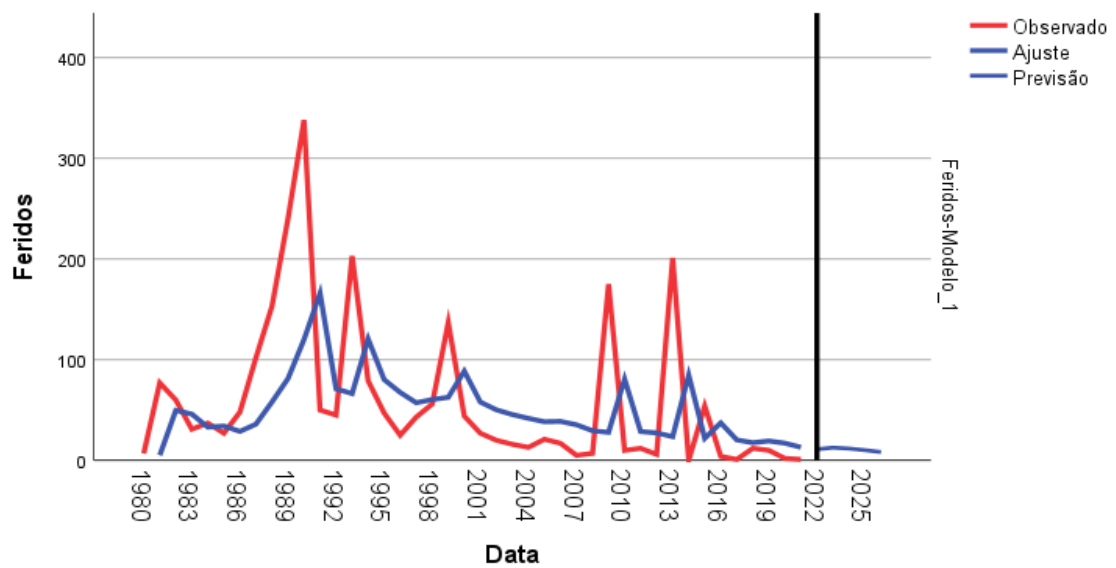


Figura 15: Previsão de feridos

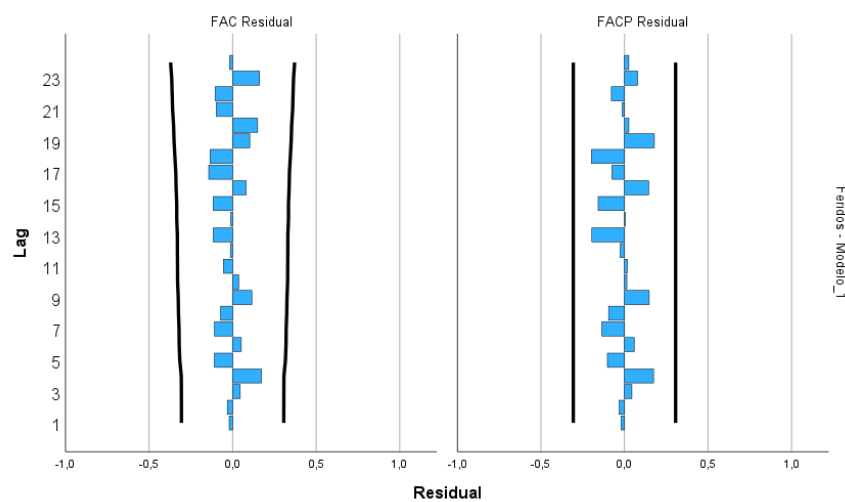


Figura 16: Critérios de adequabilidade "Previsão de feridos"

As previsões foram conseguidas no SPSS com o modelo ARIMA para as previsões dos próximos 5 anos das fatalidades e feridos como verificado na figura 13 e 15 nos acidentes da aviação nos Estados Unidos. Segundo os dados os valores observados na figura 13 estão dentro da mesma linha dos últimos anos com valores da tabela 5 prevendo que os valores vão oscilando assim como acontece nos anos anteriores. E em relação aos feridos observados na tabela 15 assim como acontece com as fatalidades a linha vai dentro dos mesmos valores em que se encontram com a ligeira diferença de

que os mesmos se prevêm a decrescer nos próximos anos. Nos últimos anos é possível verificar que há menos feridos do que fatalidades nos acidentes algo que se prevê que continue durante os próximos 5 anos como observado na tabela 5. Na figura 14 e 16 verificamos a credibilidade do modelo de previsão.

Ano	Valores Previstos	
	Feridos	Fatalidades
2022	11	31
2023	13	19
2024	12	35
2025	10	26
2026	8	28

Tabela 5: Estatística de próximas vítimas em acidente

Temos os valores previstos para o ano de 2022 e é possível analisar os dados que estão disponíveis no *Aviation Safety Network* durante o período de estudo na tabela 5 e 6.

Ano de 2022	
Vítimas Feridos	13
Vítimas Mortais	15

Tabela 6: Número de Vítimas em 2022

É possível observar que os números de feridos expectados nas previsões são superiores aos valores reais que foi conseguido apurar para o ano de 2022 no ASN. Em relação ao número de fatalidades comparando os números reais com os números previstos pelo modelo escolhido, é possível verificar que os mesmos estão abaixo do esperado, ou seja, houve menos 50% de fatalidades do que a previsão.

4.3. Fases do Voo

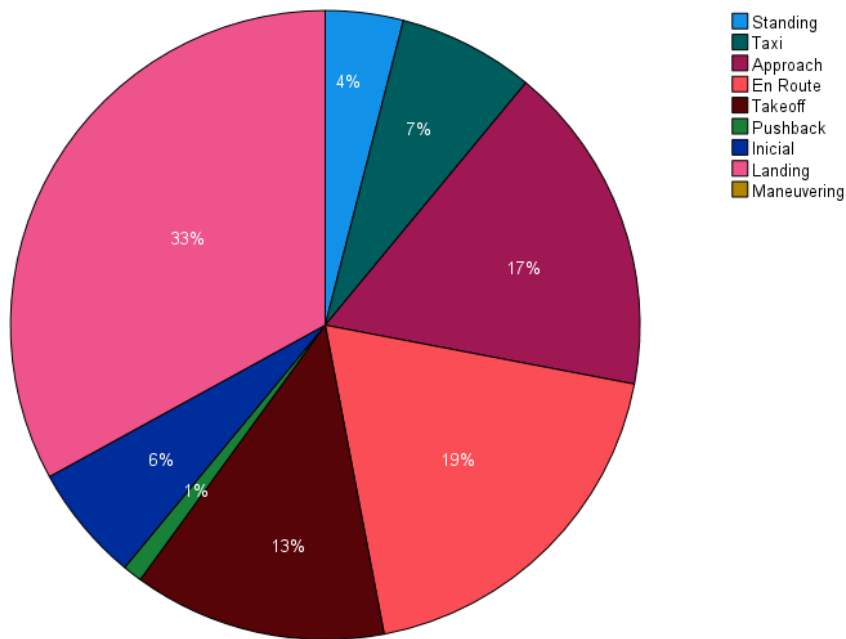


Figura 17: Gráfico % de acidentes por fase de voo

A figura 17 representa uma visão geral dos acidentes ao longo dos anos e a sua representação nas diferentes fases de voo. É possível verificar que ao longo dos últimos 40 anos a fase de voo em que houve mais acidentes (33%) foi na fase da aterragem. Já ao contrário o que tem menor número de acidentes (1%) é a fase do pushback da aeronave. As outras 3 fases de voo que se destacam são também Em Rota, Aproximação e Descolagem. Verificaremos mais abaixo cada uma em particular.

4.3.1. Fases de voo por vítimas

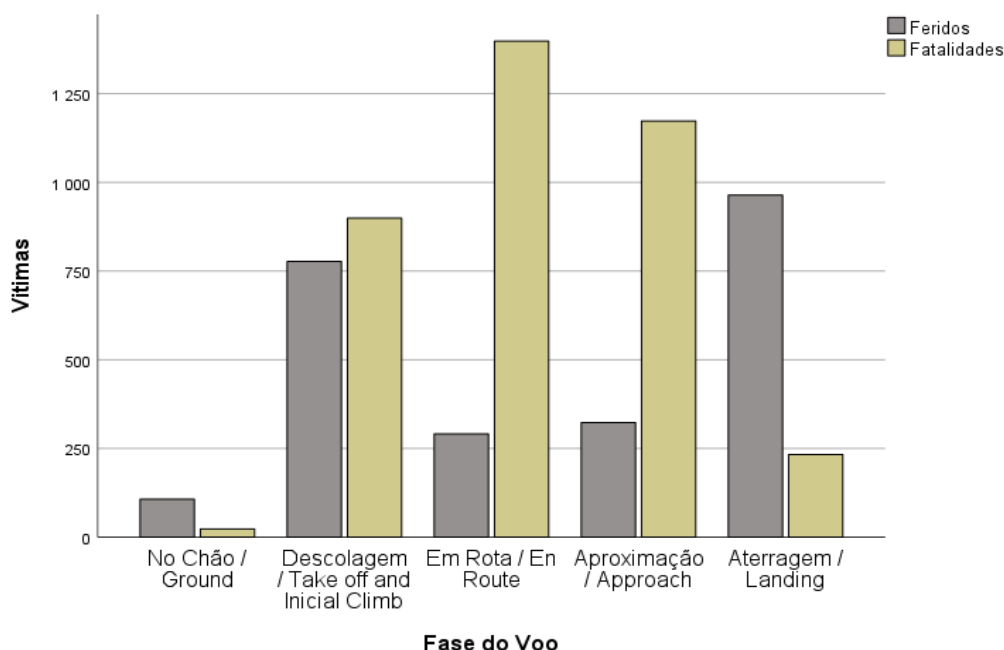


Figura 18: Gráfico Fases de voo por número de vítimas em acidente

Foi possível relacionar na figura 18 as vítimas mortais e feridos com as fases do voo em que as mesmas acontecem. Foi possível retirar do gráfico que os acidentes no solo (táxi, standing, pushback e maneuvering) o número de vítimas e feridos em relação as restantes fases de voo é baixo para ambos os números. A maior parte dos acidentes em fase de voo “no solo” não existem/existem poucos feridos e fatalidades a amostra nos últimos 40 anos é baixa.

É possível verificar que a fase de voo “em rota” é a mais propícia a fatalidades segundo a figura 16, no entanto, este número é muito superior devido ao fatídico 11 de setembro pois o número de fatalidades foi elevado. Por sua vez, a fase de voo em que é mais propício para o número de feridos é a fase da “aterragem” seguida da “descolagem”.

4.3.2. No Solo / Ground

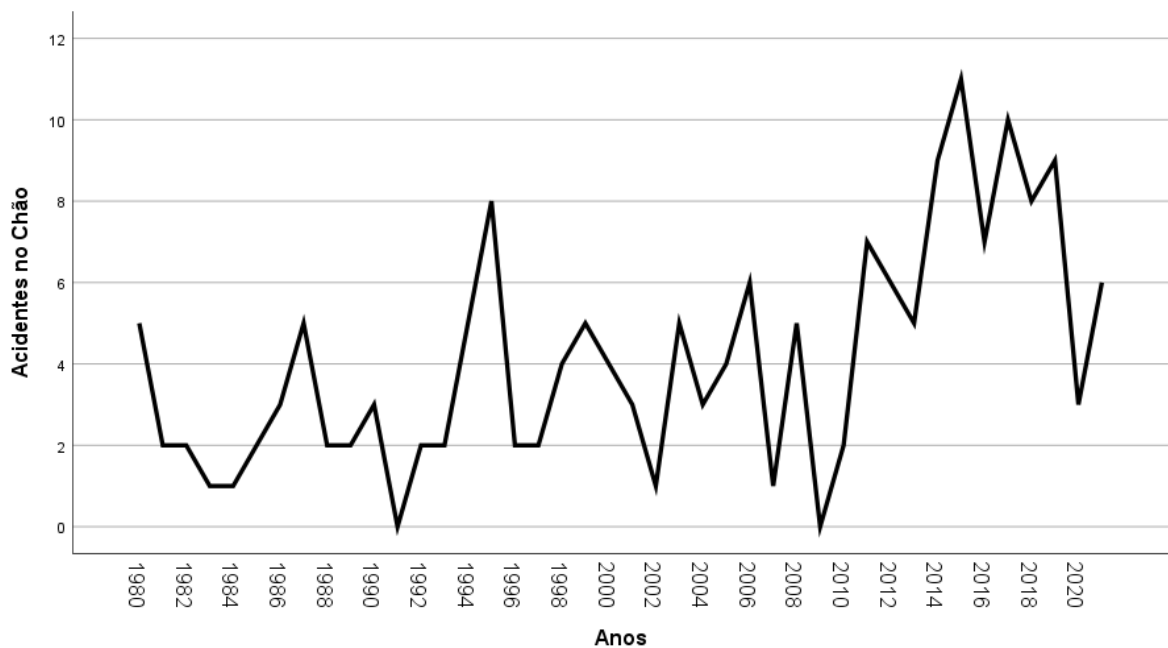


Figura 19: Acidentes no Solo

A figura 19 representa os acidentes nas seguintes fases de voo: Standing, Pushback, Táxi e Maneuvering. Esta é a fase de voo com menos vítimas mortais e feridos pois acontece ainda antes do voo ter iniciado, assim como, também as percentagens de acidentes nestas fases são de 12%. Relativamente ao observado é possível verificar que o número de acidentes entre (1990 a 1992) e (2008 a 2010) temos um decréscimo nos acidentes, mas é possível ainda verificar que no último ano tem havido um número de acidentes mais elevados desde 2012 a 2018, embora haja um decréscimo acentuado em 2019 os mesmos continuam a ser mais elevados do que em outros anos estudados.

4.3.2.1. Previsão

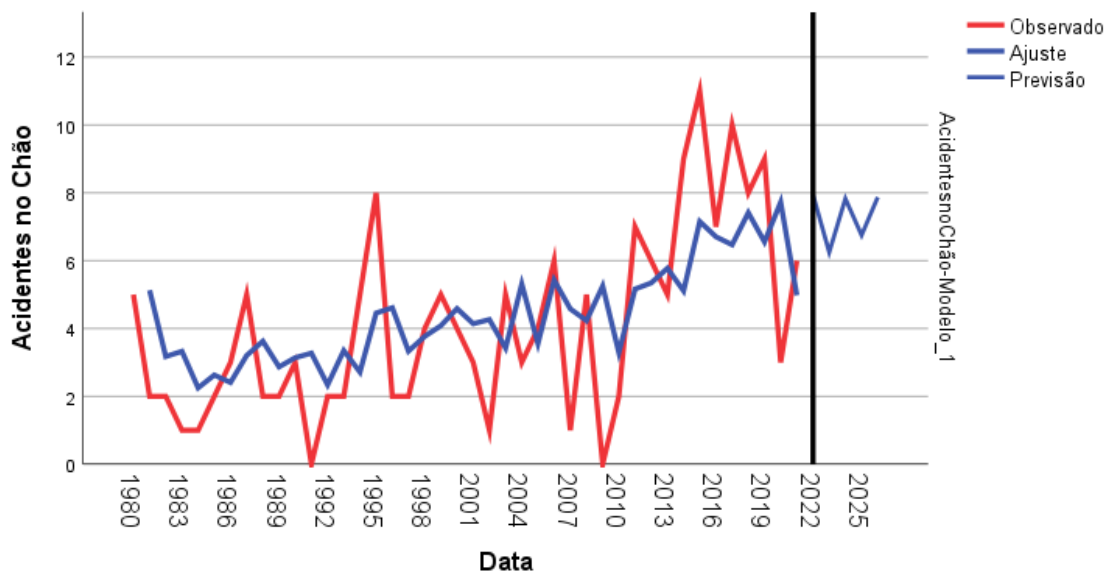


Figura 20: Previsão em Acidentes em fase de voo "No Solo"

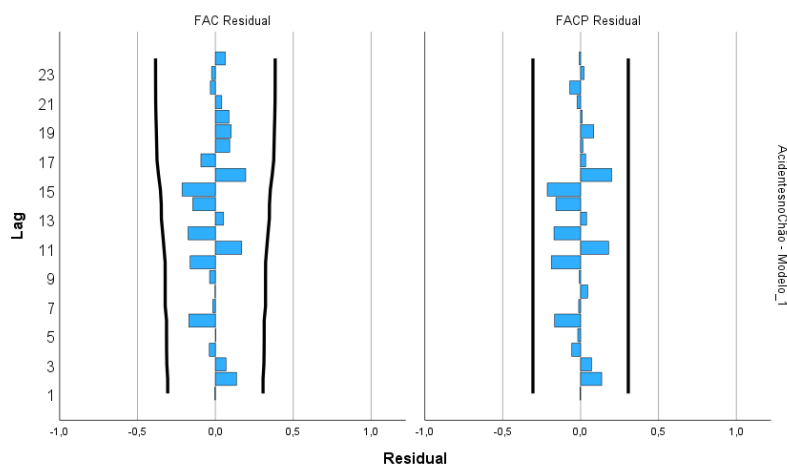


Figura 21: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes no Solo"

Foi possível observar a previsão dos acidentes no solo na figura 20, e por possível perceber que existe uma tendência a que os acidentes a se manterem constantes em valores entre os 6 acidentes e os 8 acidentes nos próximos anos. Na figura 21 verificamos a credibilidade do modelo de previsão.

Ano	Valores Previstos
2022	8
2023	6
2024	8
2025	7
2026	8

Tabela 7: Estatística de próximos acidentes no solo

Na tabela 7 temos os resultados previstos para os próximos 5 anos e com os dados que conseguimos obter até ao momento dos valores de 2022, é possível verificar se os valores previstos e os dados que conseguimos apurar são correspondentes.

Ano	Data	Fase do Voo
2022	02 fevereiro de 2022	Standing
2022	17 março de 2022	Táxi
2022	17 março de 2022	Táxi
2022	07 junho de 2022	Táxi
2022	13 junho de 2022	Standing
2022	17 junho de 2022	Standing
2022	05 agosto de 2022	Táxi
2022	18 novembro de 2022	Maneuvering

Tabela 8: Acidentes "no solo"

É possível verificar na tabela 8 e 9 que as previsões de acidentes no solo estão de acordo com os valores demonstrados nas tabelas 10 e 11. Ou seja, os acontecimentos estão como o previsto pelo modelo ARIMA.

Ano de 2022	
Acidentes no solo	08

Tabela 9: Total de Acidentes "no solo" em 2022

4.3.3. Descolagem / Take off and Inicial Climb



Figura 22: Acidentes na Descolagem

A figura 22 estuda os acidentes na fase da descolagem ao longo dos últimos 40 anos, desde o ano de 1980 ao ano de 2021. Os acidentes representados na descolagem contemplam as fases de voo “Inicial Climb e Take Off”. É possível verificar na figura 20 a evolução dos acidentes não está estagnada, tem grandes variações ao longo dos anos com picos altos de acidentes como é possível observar no ano de 1984 e com picos baixos de mínimos de acidentes como é possível verificar no ano de 2009. Nos anos de crises económicas mundiais os valores descem aos mínimos em acidentes algo que se reflete também pois o número de voos é mais baixo por falta de procura.

4.3.3.1. Previsão

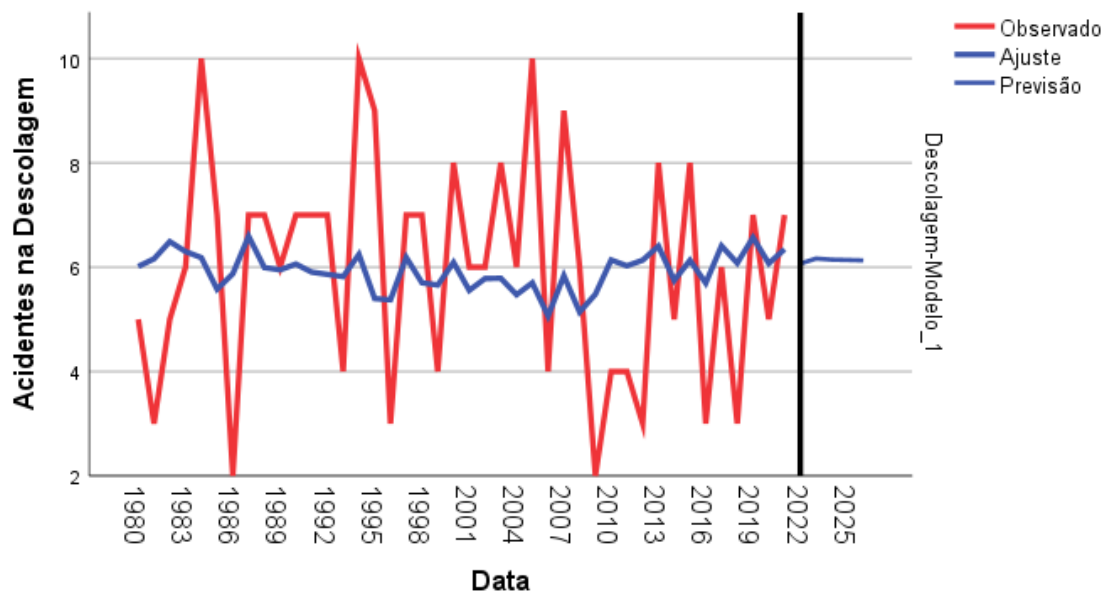


Figura 23: Previsão de Acidentes na Descolagem

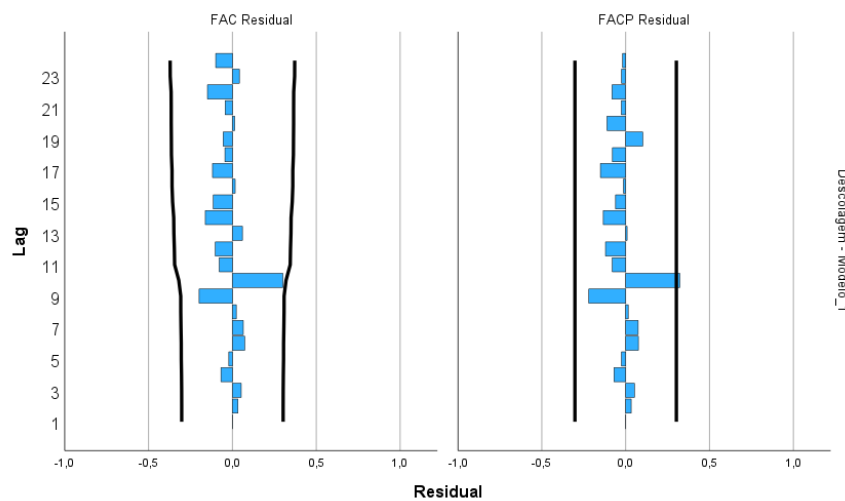


Figura 24: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes a Descolagem"

Foi usado o modelo ARIMA para verificar as previsões dos próximos 5 anos durante a descolagem e o mesmo valor encontrado mantêm-se constante. Na tabela 10 a previsão para os próximos anos é a mesma com uma linha continua com 6 acidentes por ano. Na figura 24 verificamos a credibilidade do modelo de previsão.

Ano	Valores Previstos
2022	6
2023	6
2024	6
2025	6
2026	6

Tabela 10: Estatística de próximos acidentes a Descolagem

Verificando os valores previstos para os próximos anos, é demonstrado com os dados já divulgados do ano de 2022 para verificar se está dentro dos valores estimados.

ANO	DATA	FASE DO VOO
2022	22 janeiro de 2022	Take off
2022	21 fevereiro de 2022	Take off
2022	14 abril de 2022	Take off
2022	26 junho de 2022	Take off
2022	15 julho de 2022	Inicial Climb
2022	26 julho de 2022	Take off
2022	15 novembro de 2022	Take off
2022	25 novembro de 2022	Inicial Climb

Tabela 11: Acidentes a Descolagem em 2022

Apesar dos números serem mais altos do que o previamente estudado, a diferença até ao momento em estudo a diferença do valor previsto para o real são mais 2 acidentes para o ano de 2022 como podemos verificar na tabela 11 e 12.

Ano de 2022	
Acidentes na Descolagem	08

Tabela 12: Total de Acidentes "na descolagem" em 2022

4.3.4. Em Rota / En Route

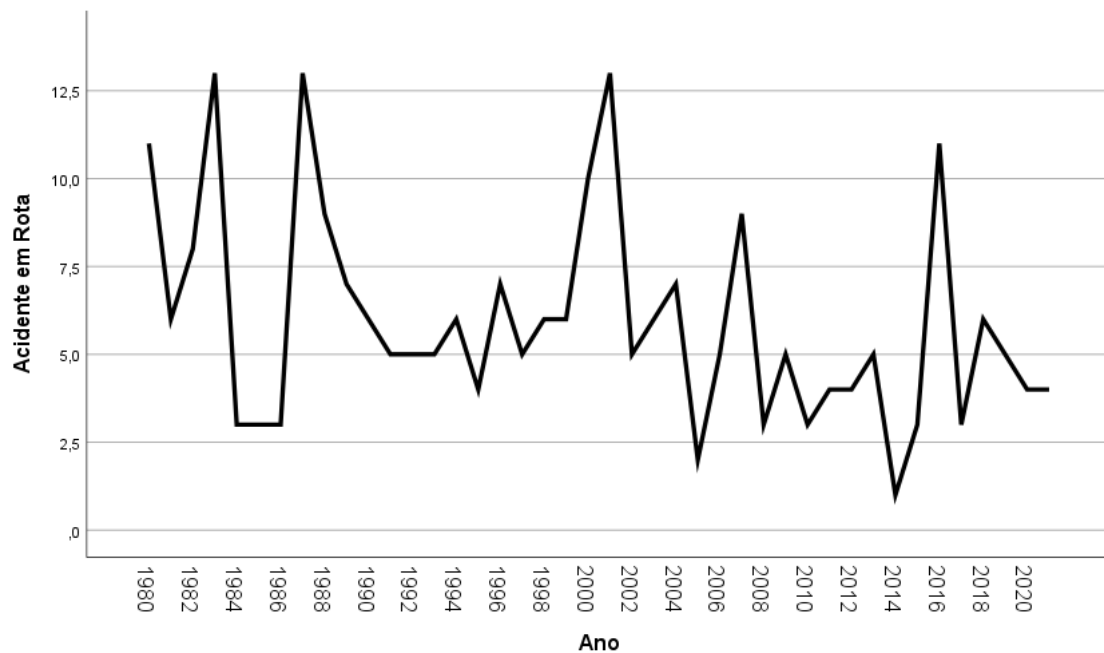


Figura 25: Acidentes em Rota

A fase de voo em rota como é possível verificar na figura 25 é uma das grandes quotas dos acidentes em fases de voo, também são os acidentes que mais vítimas mortais provoca aquando do surgimento dos acidentes. É possível verificar também em outras figuras que os acidentes nesta fase não são contínuos nem tem uma tendência a decrescer nem a crescer, pois tem alguns picos um deles conhecido de todos como o no ano de 2011 devido aos atentados terroristas. Temos outros picos como em 2016 e anteriormente em 1992 e em 1988.

4.3.4.1. Previsão

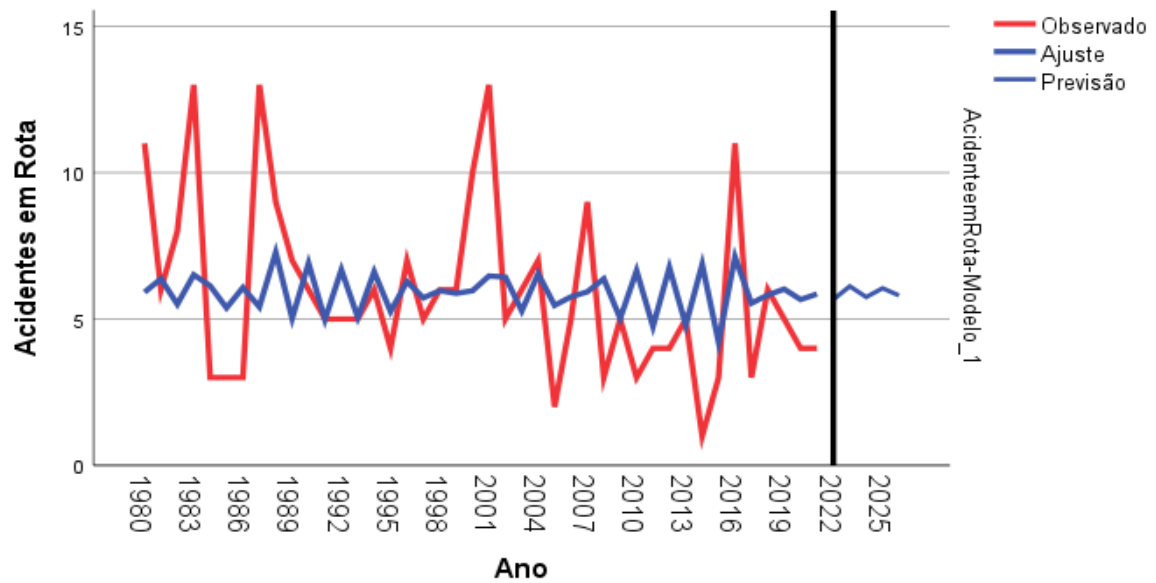


Figura 26: Previsão de Acidentes em Rota

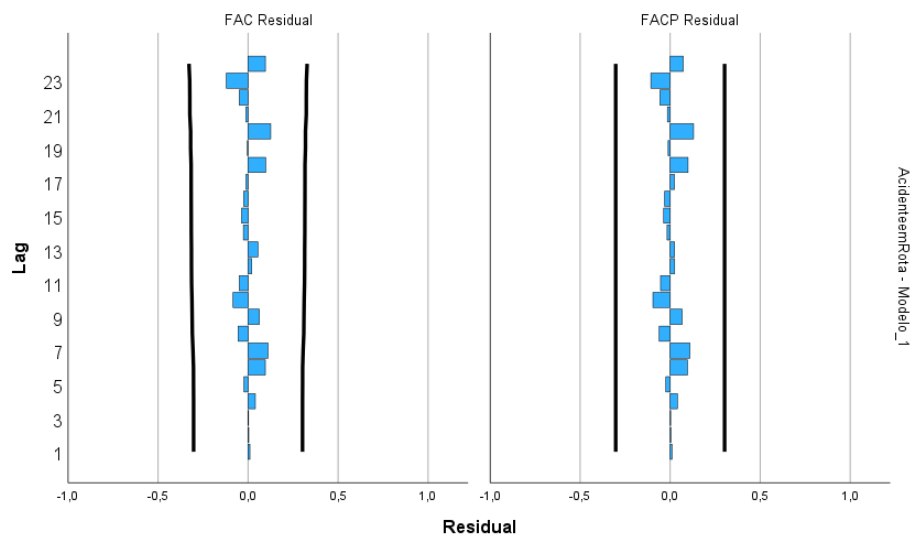


Figura 27: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes em Rota"

É possível observar na figura 26 que segundo o método ARIMA que foi usado para o gráfico para as previsões, esta previsto que nos próximos anos haja uma tendência linear de novos acidentes na mesma linha em que foram a maioria nos últimos anos (entre 5 e 10 acidentes). Na figura 27 verificamos a credibilidade do modelo de previsão.

Ano	Valores Previstos
2022	6
2023	6
2024	6
2025	6
2026	6

Tabela 13: Estatística de próximos acidentes em Rota

Os valores previstos para o ano de 2022 são de 06 acidentes, usamos os dados recolhidos para verificar se relativamente ao ano em vigor se os valores se aproximam do estimado.

Ano	Data	Fase do Voo
2022	04 setembro de 2022	En Route
2022	03 outubro de 2022	En Route
2022	14 novembro de 2022	En Route

Tabela 14: Acidentes durante a rota em 2022

É possível verificar na tabela 14 e 15 que este ano durante o estudo houve 3 acidentes durante a rota, ou seja, 50% menos do que do esperado. Com esta análise podemos verificar que estamos perante uma descida de casos de acidentes em rota dos últimos tempos.

Ano de 2022	
Acidentes em Rota	03

Tabela 15: Total de Acidentes "em rota" em 2022

4.3.5. Aproximação / Approach

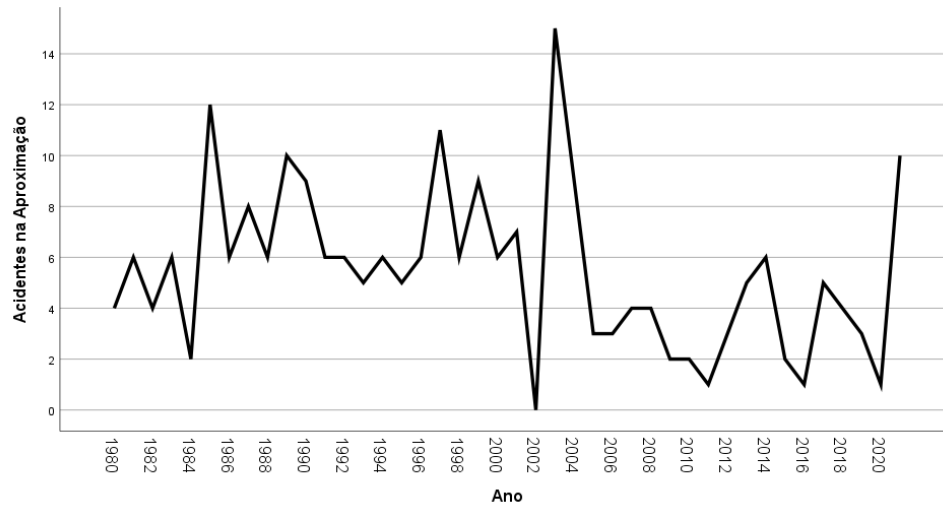


Figura 28: Acidentes na Aproximação

A aproximação à pista é uma das fases de voo com mais casos de acidente com 17%. É também uma das principais a seguir aos acidentes em rota com maior percentagem de vitimas mortais. A tendência da figura 28 dos acidentes é embora pequena é uma tendência decrescente embora no último ano tenha tido um pico no ano de 2021.

4.3.5.1. Previsão

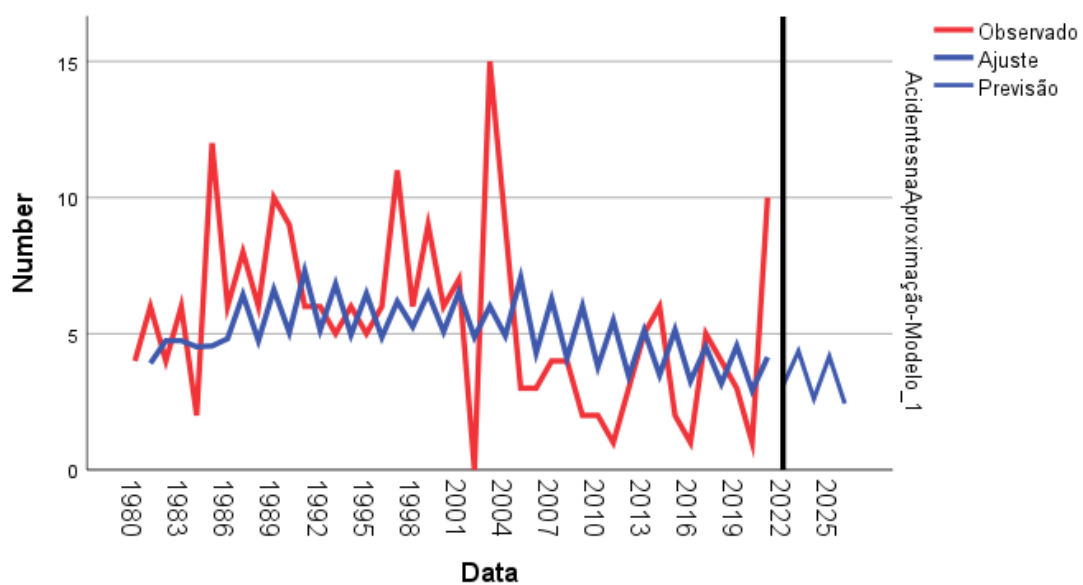


Figura 29: Previsão de Acidentes na Aproximação

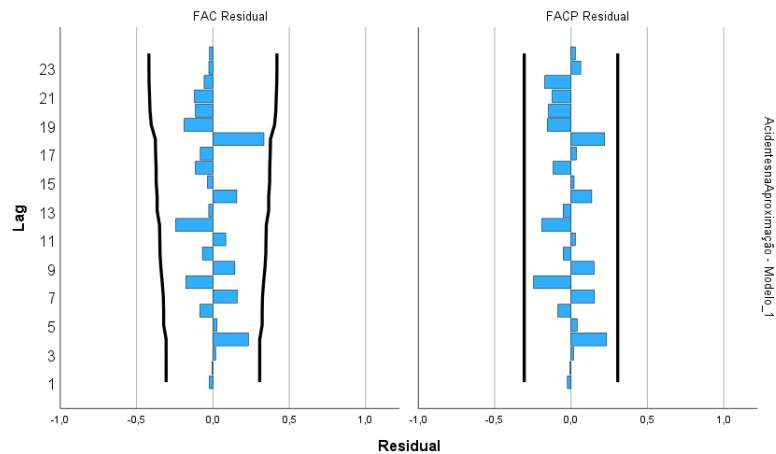


Figura 30: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes na Aproximação"

A previsão dos acidentes em aproximação a pista tem uma inclinação para o decréscimo de uma forma pouco evidenciada como observado na figura 29, mas que prevê que nos próximos 5 anos não haja mais que 5 acidentes em fase de aproximação. Na figura 30 verificamos a credibilidade do modelo de previsão.

Ano	Valores Previstos
2022	3
2023	4
2024	3
2025	4
2026	2

Tabela 16: Estatística de próximos acidentes na aproximação

É possível observar na tabela 16 que a previsão é que continue a haver um declínio nos acidentes nesta fase de voo e que a estimativa é que em 2026 apenas existirem 2 acidentes. Em relação ao ano de 2022 podemos verificar se as previsões se encontram corretas.

Ano	Data	Fase do Voo
2022	13 abril de 2022	Approach
2022	24 maio de 2022	Approach
2022	09 setembro 2022	Approach
2022	15 novembro de 2022	Approach

Tabela 17: Acidentes em aproximação em 2022

Após verificação é possível compreender que a previsão e os dados disponíveis se encontram bastante próximos um do outro. Caso se confirme as previsões percebemos que daqui a 5 anos o número de acidentes desta fase será ainda mais baixo, como é possível verificar na tabela 17 e 18.

Ano de 2022	
Acidentes na Aproximação	04

Tabela 18: Total de Acidentes "na aproximação" em 2022

4.3.6. Aterragem / Landing

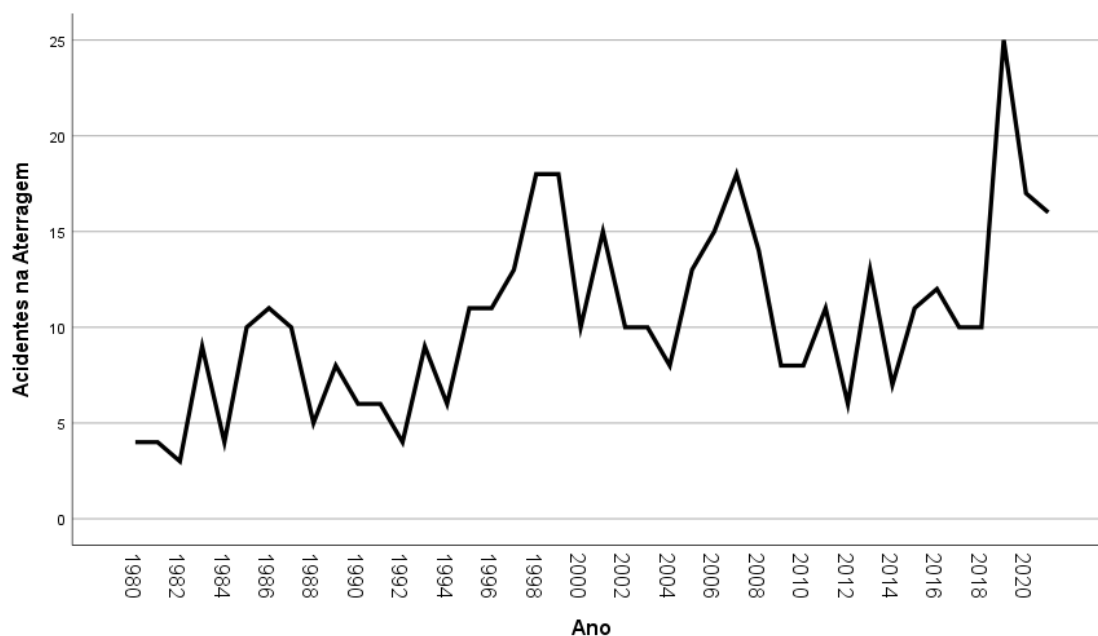


Figura 31: Acidentes na Aterragem

Os acidentes na aproximação a pista segundo a figura 31 é o que tem maior percentagem de casos em relação as outras fases de voo com 33% de acidentes nos últimos 40 anos, em compensação é a fase de voo em que há menos feridos mortais só abaixo delas apenas o acidente no solo tem menos percentagem de mortes do que os acidentes na aproximação de pista.

Ao contrário do visto anteriormente a tendência não é decrescente, mas sim ascendente embora se mantenham com mais frequência entre os 10 e os 15 acidentes por ano. O maior pico que conseguimos destacar neste gráfico é no ano de 2019 com 25 casos de acidentes correspondentes a esta fase de voo.

4.3.6.1. Previsão

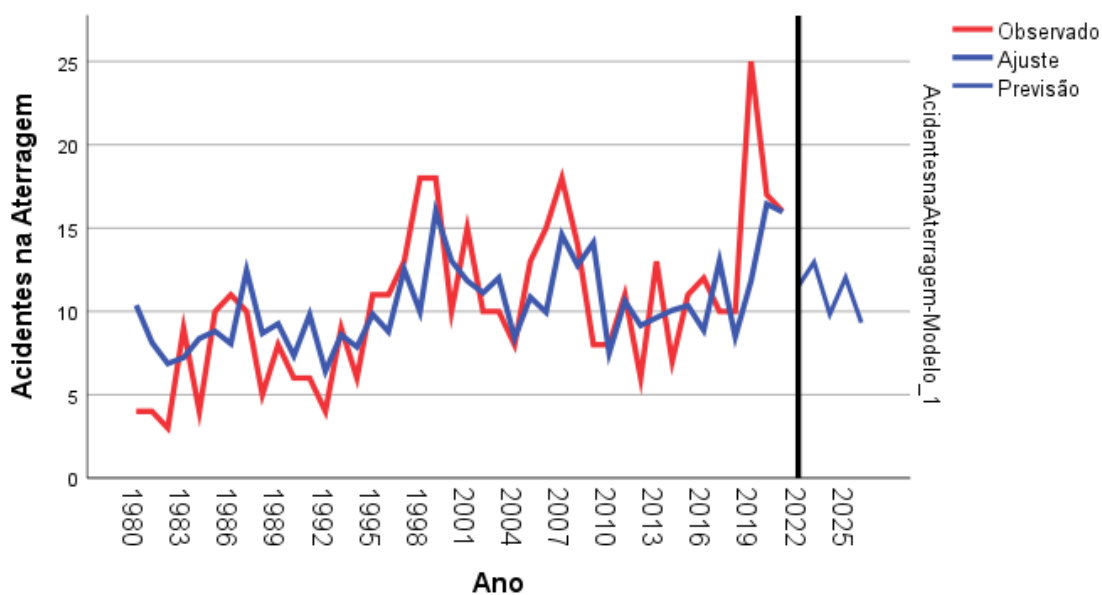


Figura 32: Previsão de Acidentes na Aterragem

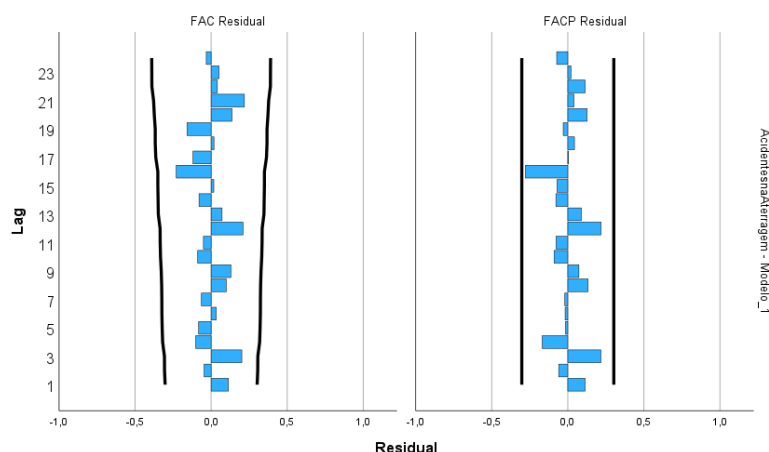


Figura 33: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes na Aterragem"

As previsões apuradas na figura 32 com o modelo ARIMA criadas no SPSS ao longo deste estudo, são de uma estabilização no número de acidentes previsto nos próximos anos é constante entre os 09 acidentes e os 13 acidentes, com uma tendência para o decréscimo. Na figura 33 verificamos a credibilidade do modelo de previsão.

Ano	Valores Previstos
2022	12
2023	13
2024	10
2025	12
2026	9

Tabela 19: Estatística de próximos acidentes na aterragem

Observando os valores da tabela 19 e 20 é possível verificar que os mesmos se situam todos muito perto um dos outros não havendo um agravamento de acidentes nos próximos anos, mas também não existindo um aumento dos mesmos.

Ano	Data	Fase do Voo
2022	18 fevereiro 2022	Landing
2022	21 fevereiro 2022	Landing
2022	28 fevereiro 2022	Landing
2022	06 março 2022	Landing
2022	09 março 2022	Landing

2022	02 abril 2022	Landing
2022	17 abril 2022	Landing
2022	07 junho 2022	Landing
2022	21 junho 2022	Landing
2022	13 julho 2022	Landing
2022	21 julho 2022	Landing
2022	28 julho 2022	Landing
2022	06 agosto 2022	Landing
2022	15 agosto 2022	Landing
2022	20 agosto 2022	Landing
2022	07 setembro 2022	Landing
2022	20 setembro 2022	Landing
2022	27 setembro 2022	Landing
2022	03 novembro 2022	Landing
2022	29 novembro 2022	Landing
2022	15 dezembro 2022	Landing
2022	27 dezembro 2022	Landing

Tabela 20: Acidentes na Aterragem em 2022

É possível verificar na tabela 21 as previsões estão um pouco mais abaixo do que é esperado pelo método de previsão utilizado. Até ao momento foram registados 22 acidentes em fase de aterragem foram superiores aos previstos. Fica mais acima também dos últimos dois anos de acidentes.

Ano de 2022	
Acidentes na Aterragem	22

Tabela 21: Total de Acidentes "na aterragem" em 2022

4.4. Causa Raiz

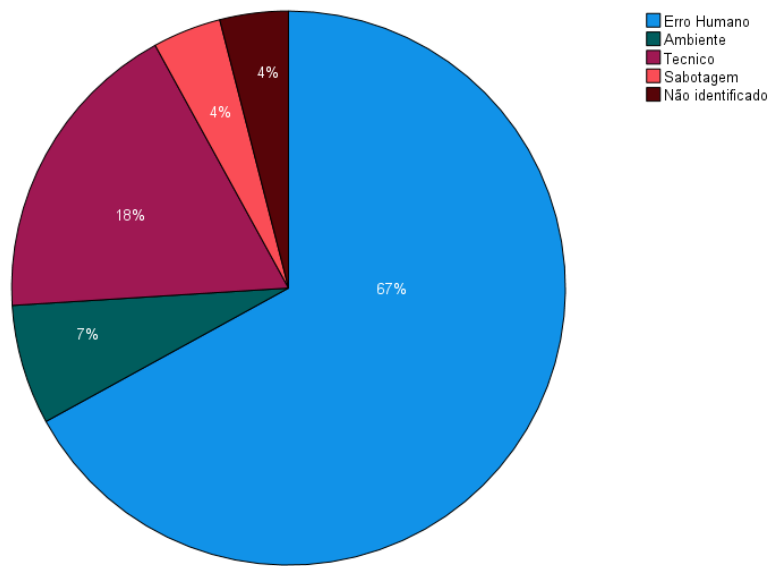


Figura 34: Gráfico % de acidentes por Causa Raiz

Na figura 34 podemos analisar de que os erros humanos são a maior fatia das causas raiz dos acidentes. Foram feitas várias alterações a nível técnico (melhores tecnologias), a nível humano (CRM, Fatores humanos, entre outras) (ICAO, 2013).

Apesar de todas as medidas mitigadoras continua a ser o 67% dos acidentes são por razões humanas. A seguir temos os erros técnicos que também eles têm sido mitigados com diversos avanços tecnológicos.

4.4.1. Causas Raiz por Número de Vítimas

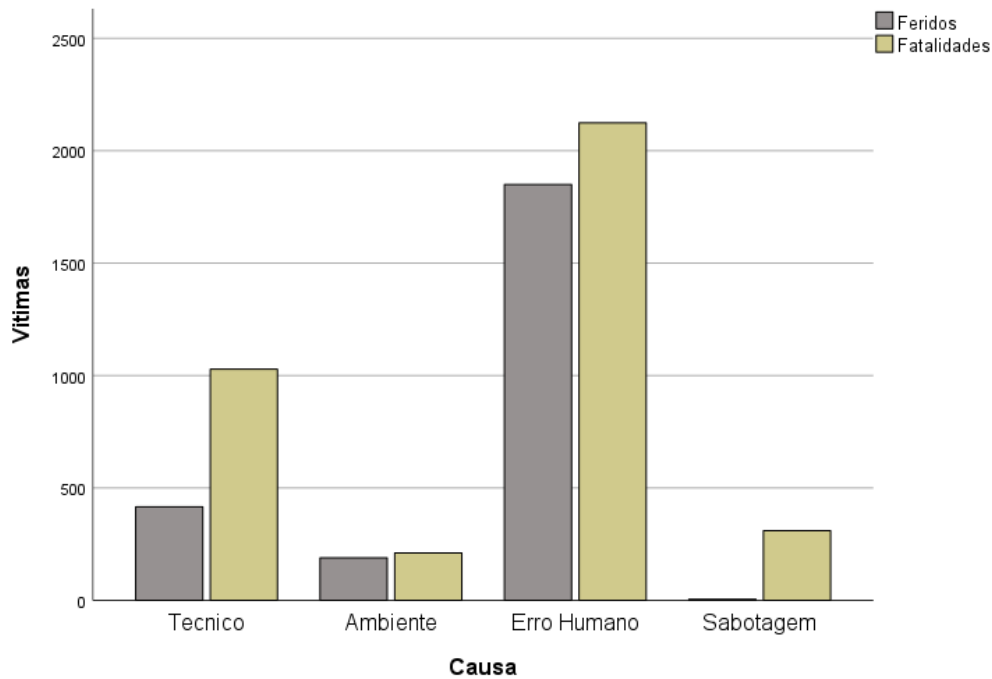


Figura 35: Gráfico Causas Raiz por número de vítimas em acidente

Na figura 35 em que é possível comparar as vítimas e as causas raízes, é possível destacar que as causas que provocam maiores vítimas são os erros humanos e o que menos causa vítimas de feridos e a sabotagem pois cada vez mais as medidas de segurança são apertadas de modo que seja cada vez mais difícil levar a cabo um ato de terrorismo ou de sabotagem por parte de alguém.

4.4.2. Erro Humano por Ano

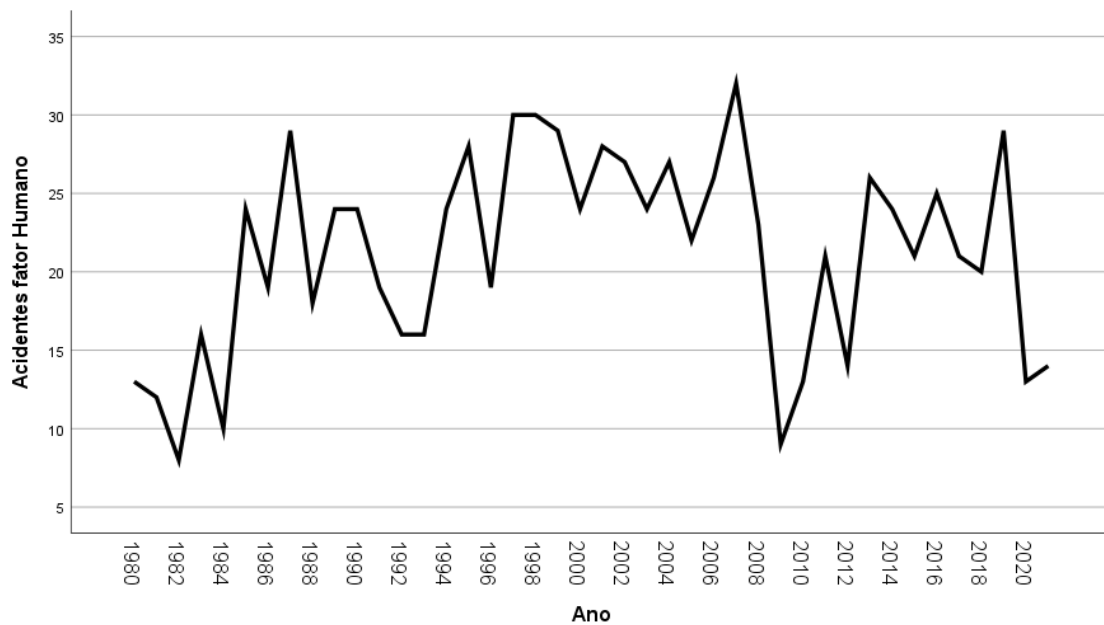


Figura 36: Acidentes devido a fatores Humanos

É possível verificar na figura 36 que os erros humanos ainda hoje é a maior falha que temos no meio da aviação civil, podemos verificar que temos tido uma tendência para o decréscimo dos acidentes, mas estes dados e estes valores ainda são bastante elevados. Várias foram desde os primeiros acidentes alterações a nível de check-lists a bordo do voo, novas formações, CRM, entre outras inovações foram implementadas ao longo dos anos para mitigar os acidentes por fatores humanos. Em 2007 há um pico nos acidentes devido a esta causa com mais de 30 acidentes neste ano. No ano seguinte, há uma quebra bastante significativa dos acidentes para menos de 10 casos.

Foi utilizada a correlação entre os dados dos acidentes por fatores humanos com os dados dos profissionais pilotos e não pilotos tentando perceber se podem estar relacionados.

Ano	Total de Técnicos	Não Pilotos	Pilotos
2007	753 761	753 761	532 235
2008	1 332 557	770 946	561 611
2009	1 327 011	776 648	550 363

2010	1 320 015	784 095	535 920
2011	1 324 283	799 179	525 104
2012	1 326 429	809 821	516 608
2013	1 326 023	822 006	504 017
2014	1 337 996	840 090	497 906
2015	1 352 296	860 279	492 017
2016	1 277 310	798 233	479 077
2017	1 307 199	823 539	483 660
2018	1 337 126	847 416	489 710
2019	1 376 720	884 335	492 385
2020	1 392 726	896 810	495 916
2021	1 404 709	905 940	498 769

Tabela 22: Número de profissionais na aviação

Na tabela 22 é possível verificar os números de profissionais desde 2007 até ao ano de 2021, nestes dados estão contemplados o número de pilotos assim como o número de não pilotos envolvidos na operação de voos como o pessoal da manutenção, os tripulantes, os despachantes de voo, estes números foram retirados da FAA (Federal Aviation Administration, n.d.).

<i>Número de profissionais</i>	
<i>Fatores Humanos</i>	-,518

Tabela 23: Correlação entre os Erros Humanos e o número de Profissionais

Após análise da tabela 23 podemos afirmar que os dois fatores estão correlacionados negativamente, a correlação entre estes dois fatores é forte pois esta mais perto do 1 do que do 0, é possível observar após uma correlação obtida no modelo Pearson, confirmar que as duas variantes estão correlacionadas. Ou seja, segundo isso conseguimos apurar estas correlacionadas negativamente o que quer dizer que quando há um aumento de profissionais envolvidos nas atividades do voo o número de

acidentes é menor, e quando o número de profissionais é menor o número de acidentes aumenta.

4.4.2.1. *Previsão*

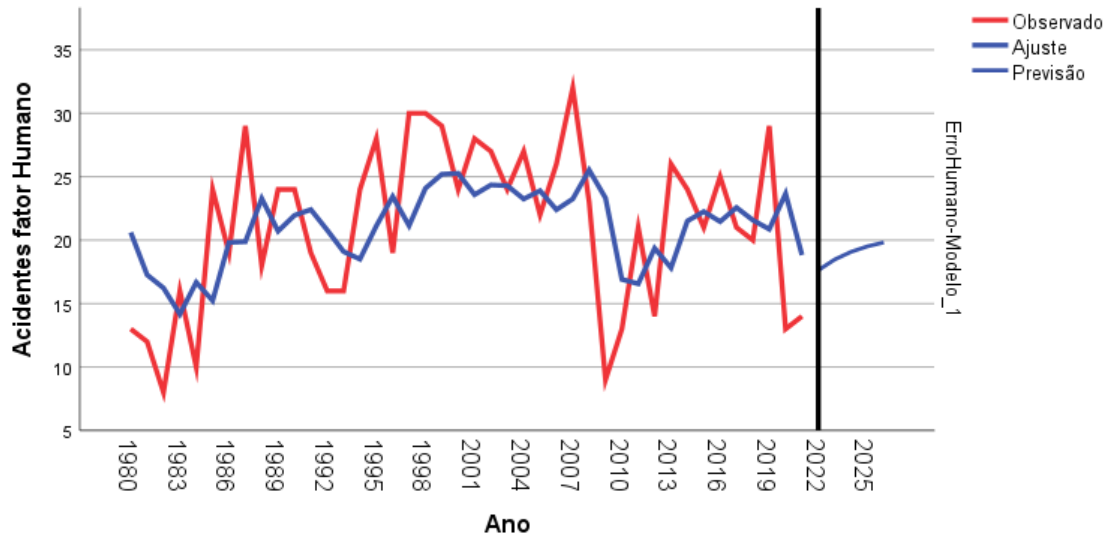


Figura 37: *Previsão "Acidentes devido a fatores Humanos"*

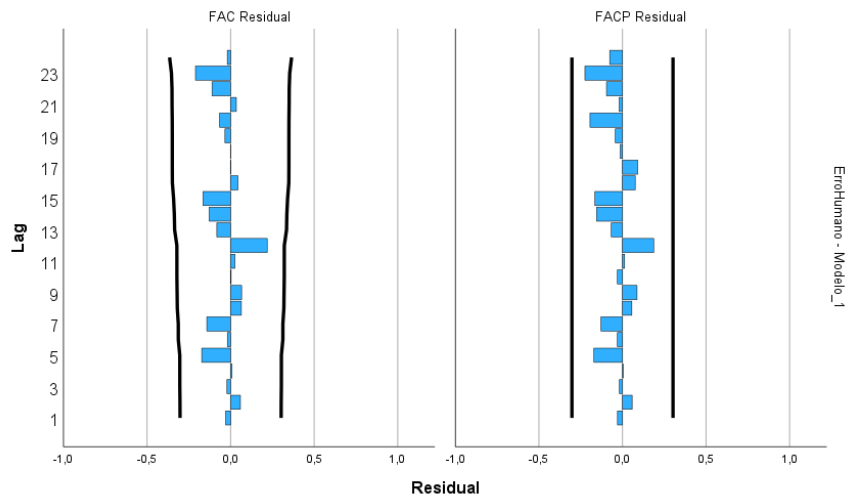


Figura 38: *Crítérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes devido a fatores Humanos"*

A previsão de acidentes com fator no erro humano da figura 37 e na tabela 24 para os próximos anos e de uma forma linear que permaneça nos mesmos valores que estamos nestes últimos anos. Na figura 60 temos os valores previstos que mostram que

nos próximos anos se mantem e depois voltam a subir. Na figura 38 verificamos a credibilidade do modelo de previsão.

Ano	Valores Previstos
2022	18
2023	18
2024	18
2025	20
2026	20

Tabela 24: Estatística de próximos acidentes devido a fatores humanos

Em relação ao ano 2022 os relatórios sobre os acidentes ainda não se encontram publicados, de modo que não é possível verificar as causas raízes dos acidentes. Não é, portanto, possível comparar os valores das previsões com os valores reais.

4.4.3. Ambiente por Ano

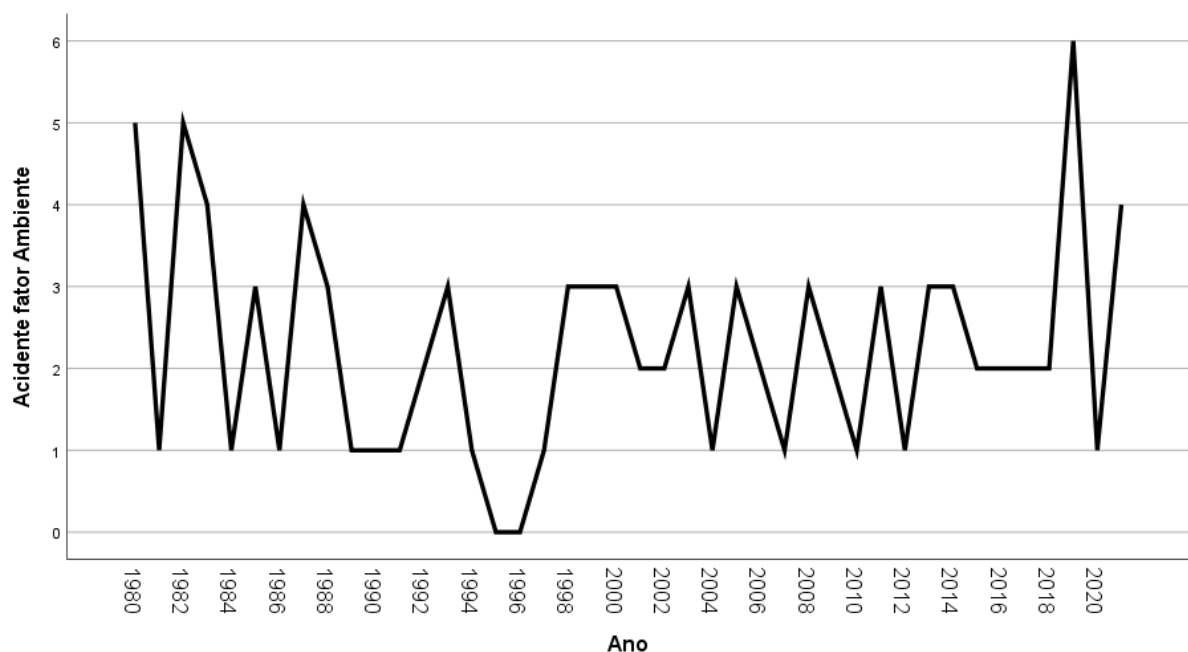


Figura 39: Acidentes devido a fatores Ambientais

Na figura 39 é possível observar os acidentes causados por fatores ambientais. Estes acidentes em que o fator ambiente é o determinante, sabemos que a expressão de acidentes com este tipo de causa é muito baixa, a maior parte deste tipo de acidentes trata-se de *bird strike* (entrada de um pássaro nos motores) e outros por visibilidade reduzida ou ventos na hora da aterragem ou decolagem. A expressão é de 7% dos acidentes globais nos últimos 40 anos, também sabemos que o mesmo tem uma baixa relação com feridos e fatalidades.

4.4.3.1. Previsão

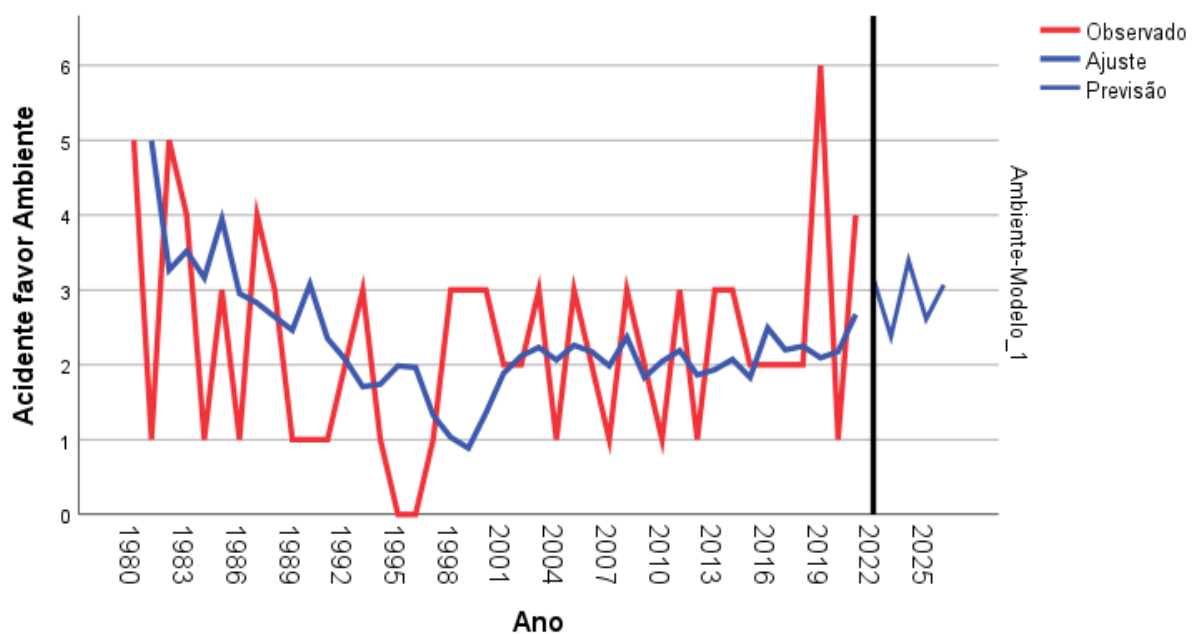


Figura 40: Previsão "Acidentes devido a fatores Ambientais"

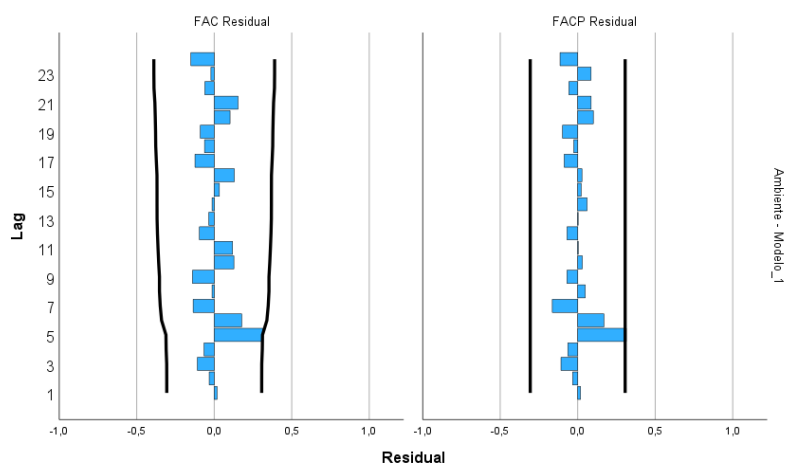


Figura 41: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes devido a fatores Ambientais"

Na figura 40 representa a previsão dos próximos anos que foi feita com o modelo ARIMA, prevê que os acidentes com causa raiz no ambiente se irá manter com um nível de valores entre os 3 e os 2 acidentes por ano. Não é possível verificar a veracidade do ano de 2022 pois as causas dos acidentes referentes a este ano ainda estão em análise não tendo sido divulgadas na sua grande maioria. Na figura 38 é verificado o número previsto de acidentes nos próximos anos. Na figura 41 verificamos a credibilidade do modelo de previsão.

Ano	Valores Previstos
2022	3
2023	2
2024	3
2025	3
2026	3

Tabela 25: Estatística de próximos acidentes devido a fatores Ambientais

4.4.4. Técnico



Figura 42: Acidentes devido a fatores Técnicos

Segundo o anexo 19 da ICAO no ano de 1945 os acidentes por motivos técnicos eram mais elevados, ao longo dos anos foram feitas evoluções tecnológicas para combater os problemas a níveis técnicos e também de erro humano de modo a mitigar os acidentes, de modo a garantir a segurança, procedimentos e certificações. Surgiram ao longo dos tempos inúmeras tecnologias de modo a realizar uma operação com mínimo de risco possível.

Ao longo dos últimos tempos foram feitas evoluções, mas as mesmas não chegaram ao nível de não haver acidentes zero pela causa raiz. Na figura 42 é possível verificar que o num intervalo de acidentes se concentra entre os 2 e os 6 por ano, tendo havido em alguns anos em que os valores foram superiores seguindo-se de anos em que não chegara a haver 2 acidentes por esta causa no mesmo ano.

4.4.4.1. Previsão

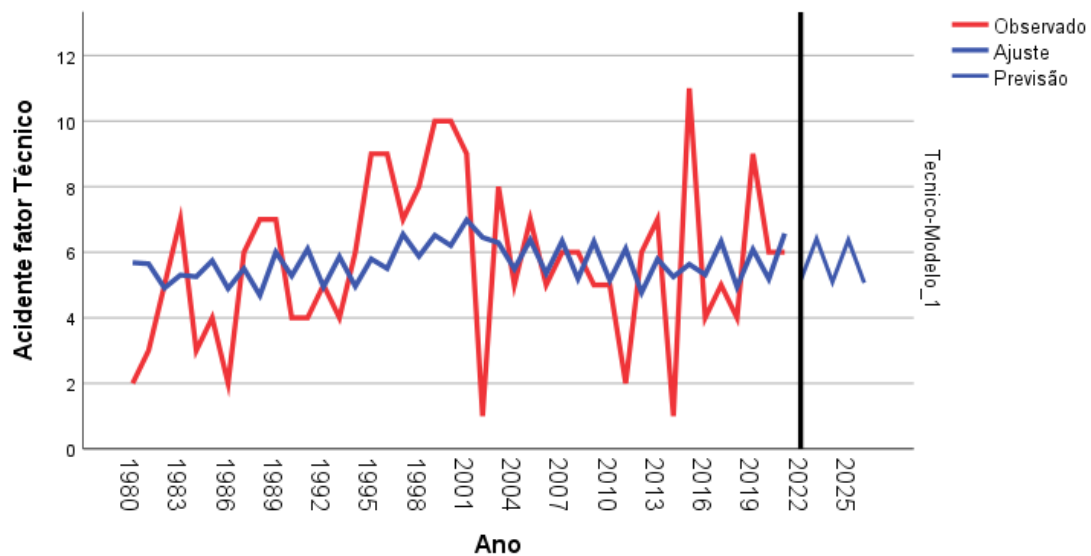


Figura 43: Previsão "Acidentes devido a fatores Técnicos"

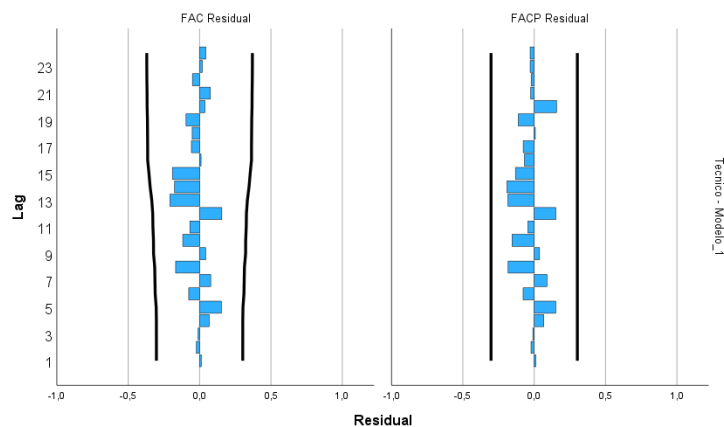


Figura 44: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes devido a fatores Técnicos"

As previsões dos próximos anos conseguidas através do modelo ARIMA no SPSS são de que o número de acidentes se ira manter na mesma linha em que tem estado nos últimos anos como é possível verificar na figura 43. Os seja, não se verifica nenhuma alteração nem descida nem subida mantendo-se entre os 5 ou 6 acidentes por cada ano, o registado ao longo dos 40 anos.

Não é possível comparar os dados devido aos relatórios dos anos de 2022 ainda não tem causas disponíveis para confirmação de dados. Na tabela 26 é possível observar

os valores previstos para os próximos anos. Na figura 44 verificamos a credibilidade do modelo de previsão.

Ano	Valores Previstos
2022	5
2023	6
2024	5
2025	6
2026	5

Tabela 26: Estatística de próximos acidentes devido a fatores Técnicos

4.4.5. Sabotagem

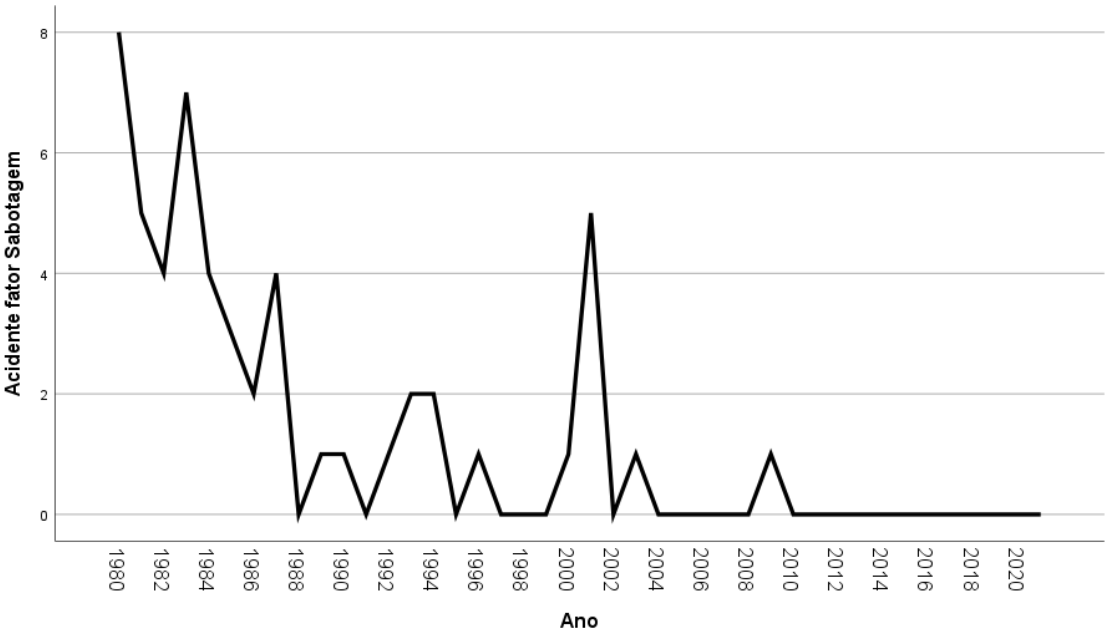


Figura 45: Acidentes por Sabotagem

As sabotagens dos aviões em curso foi algo que aconteceu ao longo dos anos, perante as mesmas foi necessário que as condições de segurança a bordo e nos aeroportos fossem cada vez mais apertadas para que fosse cada vez mais difícil que passageiros conseguissem sabotar e causar acidentes a bordo de aviões.

Na figura 45 é possível apurar que ao longo dos anos tem havido um decréscimo muito acentuado nos acidentes aéreos devido a sabotagem, sabemos que no ano de 2001 tivemos vários acidentes no mesmo dia 11 de setembro com vários aviões a serem sequestrados por terroristas e daí o pico que demos no gráfico, já verificamos também que após esse acidente mudou muita coisa na segurança aérea e a sua importância. É possível ainda verificar também que as sabotagens estão desde 2010 sem ocorrerem.

4.4.5.1. Previsão

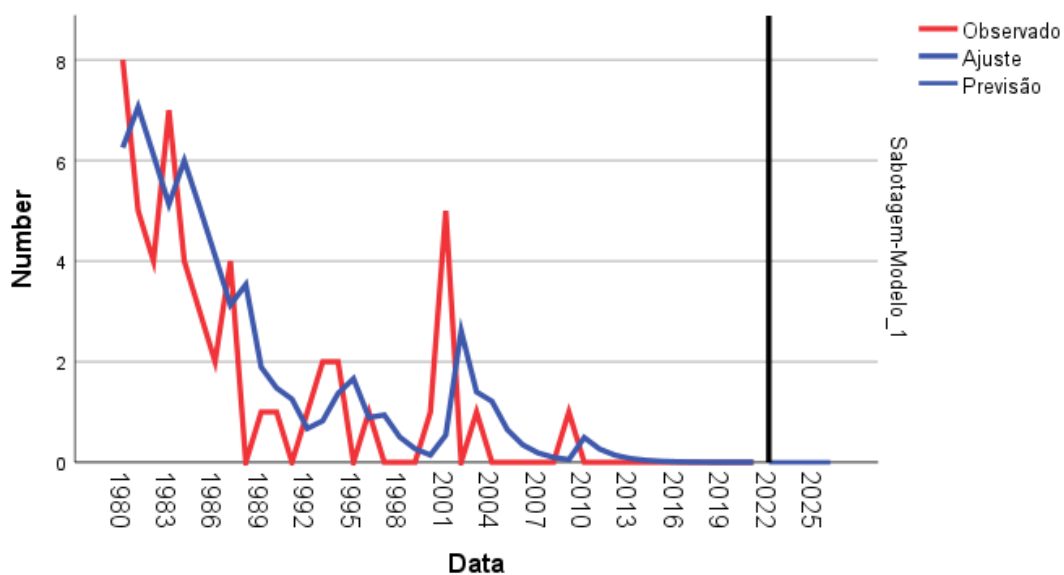


Figura 46: Previsão "Acidentes por Sabotagem"

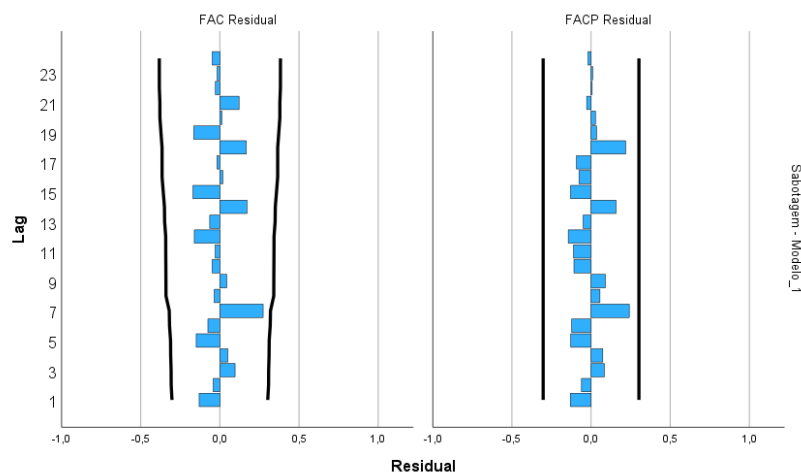


Figura 47: Critérios de adequabilidade "Previsão de Acidentes por Sabotagem "

Na figura 46 as previsões dos próximos anos para os acidentes revelam uma tendência de decréscimo com valores até a inexistência de acidentes, neste caso sabemos que estes valores corresponderam a 0 acidentes nos próximos anos, sabendo que são apenas valores previstos. No ano de 2022 conforme valores previstos não existiram acidentes até ao momento por sabotagem, nos relatórios também não há indicação que possa ter existido alguma sabotagem ao longo do ano como é possível ver na tabela 27 com os valores previstos para os próximos 5 anos. Na figura 47 verificamos a credibilidade do modelo de previsão.

Ano	Valores Previstos
2022	0
2023	0
2024	0
2025	0
2026	0

Tabela 27: Estatística de próximos acidentes por Sabotagem

4.5. Fases de Voo e Causas Raiz

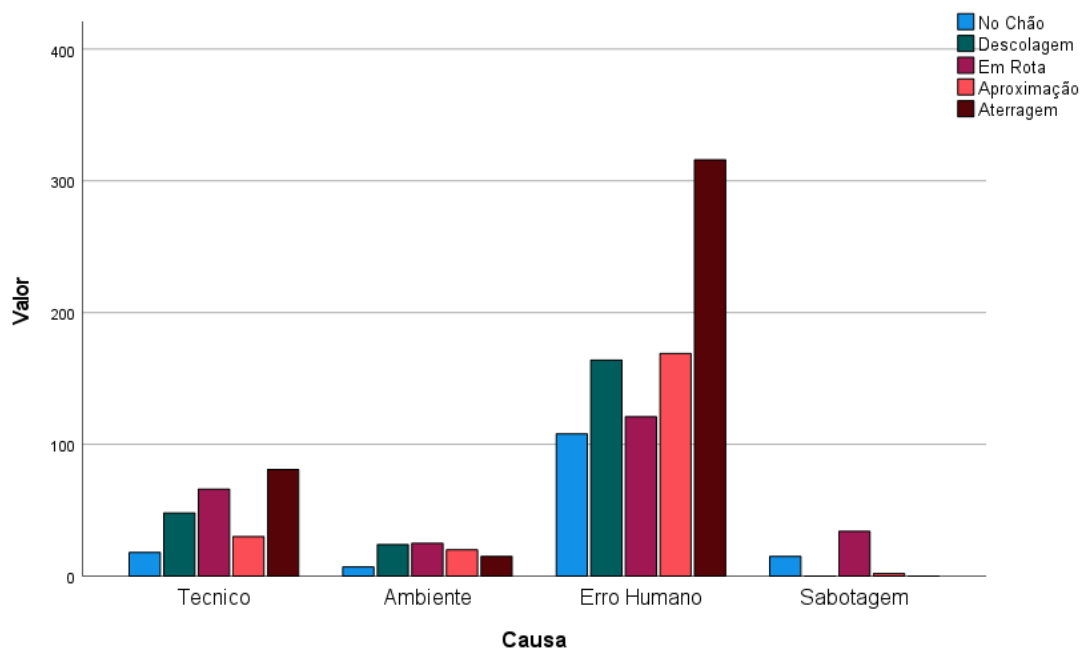


Figura 48: Gráfico Causas Raiz por Fases de Voo

Na figura 48 é possível verificar a relação entre as fases de voo com as causas raízes, foi possível compreender que em todas as fases de voo o erro humano é o que tem maior influência sendo na fase da aterragem que acontecem mais erros humanos. É durante a fase de voo “em rota” que as sabotagens acontecem mais vezes, embora a percentagem de acidentes seja pequena em relação as outras causas de acidentes existentes. A falha técnica também tem mais expressão durante a aterragem e durante a rota, sendo a fase do solo a menor fatia de erros técnicos em acidentes.

4.6. Tipos de Voo

4.6.1. Voo de Passageiros

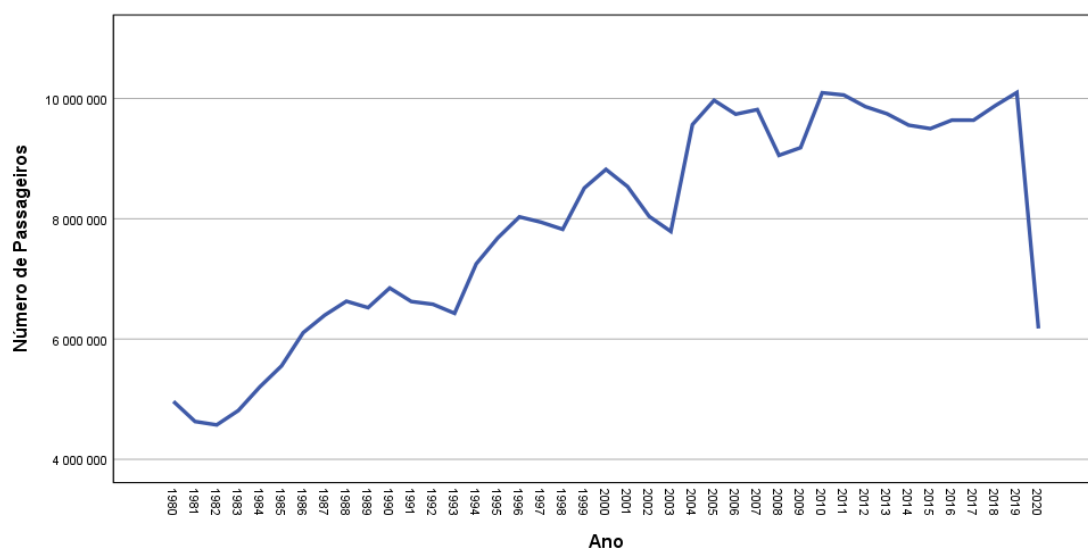


Figura 49: Número de Passageiros Transportados

A evolução dos voos de passageiros como observado na figura 50 e do número de passageiros transportados nos últimos 40 anos tem havido uma evolução muito positiva com números a crescer, havendo uns pequenos decréscimos que acontecem pelas alturas das crises económicas e de segurança como é possível verificar nos anos que antecedem o ano de 2002 e também nos anos de 2008. Em 2020 há uma quebra de número de passageiros registados que se devem as restrições de passageiros devido a pandemia covid-19.

4.6.2. Voo de Carga

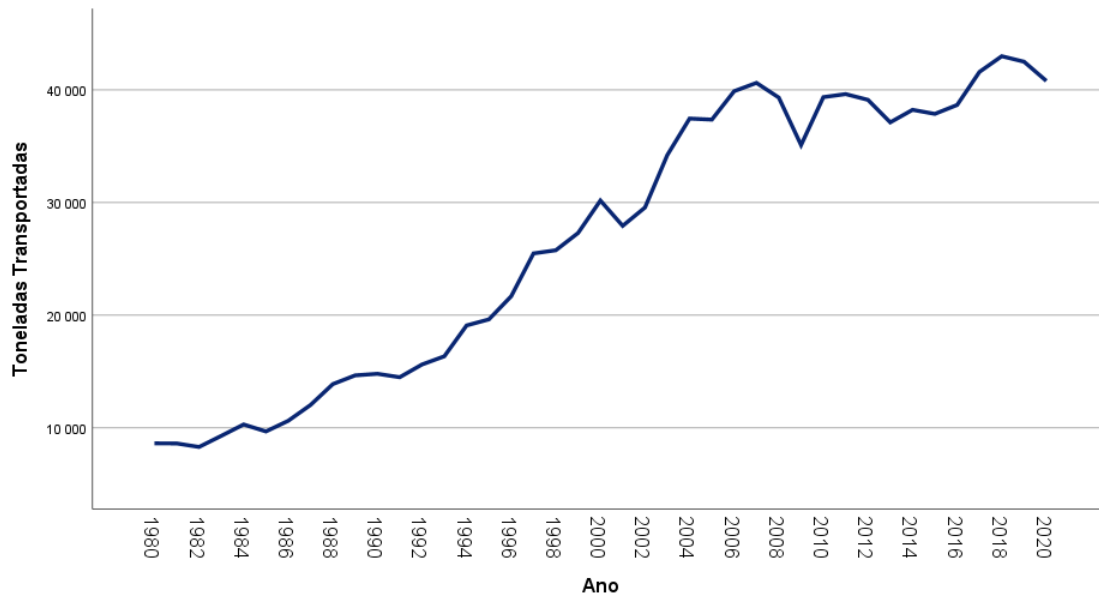


Figura 50: Número de Toneladas Transportadas

Os tipos de voo de carga como verificado na figura 51 e de passageiros a título de curiosidade é possível verificar que os voos de carga foram muito menos afetados pela pandemia covid-19 que os voos de passageiros, o decréscimo da evolução positiva e o número de voos é muito maior nos voos de passageiros do que nos voos de carga. Na figura 50 é possível perceber que no ano de 2020 com as restrições de pessoas em entradas dos países façam com que estes números sejam perceptíveis, ao contrário do que os voos de carga pois foram necessários voos para transportar para além das mercadorias necessárias também medicamentos, apoios e vacinas.

4.6. Ciclo de Voo

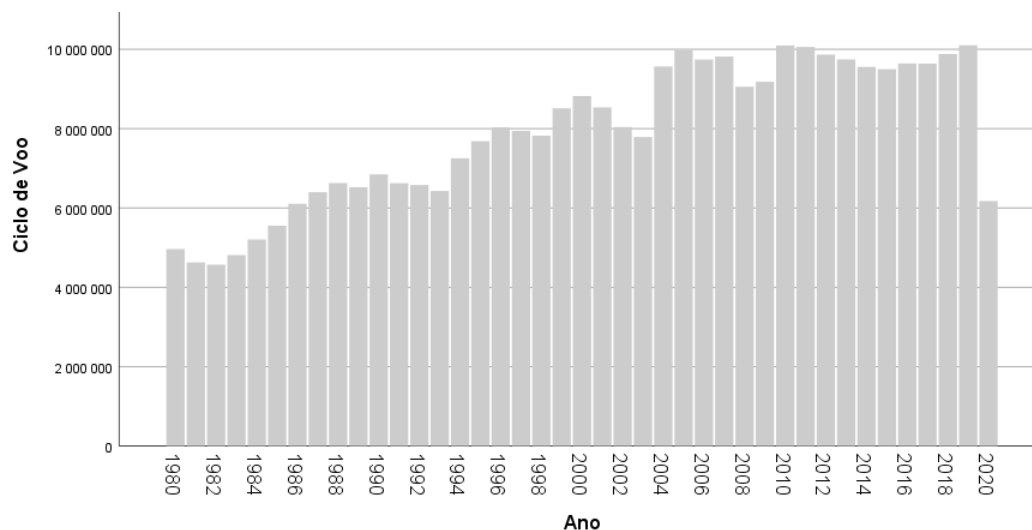


Figura 51: Ciclo de Voo (milhões)

Na figura 52 é observado as partidas dos voos de USA conseguidos no Data World Bank como se comportam os ciclos de voo em correlação com o crescimento económico.

Crescimento do PIB (%)	
Ciclo de Voo	-,032

Tabela 28: Correlação entre o Ciclo de Voo e o Crescimento do PIB

Inflação (%)	
Ciclo de Voo	-,583

Tabela 29: Correlação entre o Ciclo de Voo e a Inflação

É possível verificar nas tabelas 28 e 29 que o crescimento de PIB e os ciclos de voo não tem correlação, no entanto a inflação e o número de partidas estão altamente correlacionados negativamente. Ou seja, podemos verificar que quando a inflação sobe o número de voos diminui e vice versa.

CAPÍTULO VI- CONCLUSÃO

Conforme foi possível apurar nas análises estatísticas a tendência de acidentes aéreos tem uma tendência decrescente ao longo dos anos, devido a maior parte a atenção cada vez maior na segurança no setor da aviação, sendo atualmente uma das principais preocupações do setor pois sempre que há um acidente aéreo toda a indústria sofre com a mesma devido a falta de confiança que tramite para os passageiros. Foi possível verificar que os anos que antecedem as crises mundiais há um decréscimo de acidentes, mas também há um decréscimo de passageiros transportados devido a falta de procura. Depois de observar este facto foi feita uma correlação entre os acidentes e o crescimento do produto interno bruto e a inflação, e foi possível concluir que estão ambos correlacionados com os acidentes de formas distintas, sabemos que há uma correlação positiva com o PIB, ou seja, quando um sobe o outro também sobe e vice-versa, em relação a inflação estão correlacionados, mas negativamente, ou seja, quando há uma maior inflação o número de acidentes diminui. Apesar de a inflação estar correlacionada com o número de voos já o crescimento do PIB não se verifica correlação com o número de voos. Destaca-se também que após o fatídico dia 11 de setembro de 2001 houve uma baixa de acidentes aéreos, muito se deve as medidas impostas de segurança após o acontecimento. Quanto as previsões a mesma mantêm tendência a seguir uma linha continua.

Desde que se tornou imprescindível que a segurança seja vista como uma prioridade que o número de vítimas tem uma tendência a decrescer pois tem sido feito diversos esforços para mitigar os acidentes de modo a tornar a indústria mais apelativa e confiável a visão da população. A previsão dos próximos anos indica que há uma tendência para a diminuição das fatalidades enquanto há uma estagnação no número de feridos.

Durante a operação de uma aeronave há fases de voo que são mais propicias a acidentes do que outras, como verificado, é na aterragem que existem maior número de acidentes, no entanto, é durante a rota e na aproximação que existem mais fatalidades, sendo na fase de aterragem que há mais feridos. Em todas as fases de voo a principal causa dos acidentes é o erro humano, por outro lado, a sabotagem é a causa

com menos expressão nas causas de acidentes. É possível verificar que a sabotagem acontece na sua maioria durante o voo e as falhas técnicas acontecem sobretudo durante a aterragem e durante o voo.

O erro humano é a maior causa raiz dos acidentes aéreos com uma percentagem de 67%, embora todas as medidas mitigadoras para a diminuição dos erros humanos e também das falhas técnicas com novas tecnologias implementadas, os mesmos continuam a ser as principais causas embora o número de acidentes seja atualmente mais reduzido devido a todas as alterações efetuados ao longo dos anos. Foi possível correlacionar o erro humano com os recursos humanos existentes no ativo de modo a verificar se ambos podiam estar ligados, pois análise foi possível concluir que estão fortemente correlacionados negativamente, ou seja, quando há mais profissionais nas operações de um voo há menos acidentes e vice-versa. O erro humano tem uma tendência decrescente assim como as falhas técnicas, no entanto, para além de ser a maior causa de acidentes os erros humanos são ainda a maior causa de feridos e fatalidades, a menor causa corresponde a sabotagem. As causas por sabotagem são neste momento nulas e prevê-se que continuem nulas nos próximos anos, há também um grande controlo a bordo dos aviões e nos aeroportos de modo que seja cada vez mais difícil levar a cabo um ato ilícito.

O número de passageiros transportados ao longo dos últimos 40 anos tem uma tendência ascendente tendo uma quebra acentuada no ano de 2020 devido a pandemia covid-19, é possível verificar que em relação aos voos de carga os mesmos também tiveram uma quebra no ano de 2020 embora não tão acentuado como no transporte de passageiros, devido aos voos feitos para transporte de mercadorias, como, vacinas e material médico.

Na generalidade dos voos dos estados unidos há quebras, como foi possível apurar durante as crises mundiais ou de segurança aérea, foi correlacionado com a inflação e o número de voos e foi observado que estão fortemente correlacionados negativamente, ou seja, quando a inflação sobe o número de voos desce, sempre que a inflação aumenta significa uma perda de poder de compra para as famílias, é possível verificar que a inflação afeta diretamente a indústria da aviação.

Referências Bibliográficas

- ANAC. 2016. "Anexo 19 à Convenção Sobre Aviação Civil Internacional."
- "ASN." n.d. <https://aviation-safety.net/about/>.
- Britto, Dalson, Figueiredo Filho, José Alexandre, and ** Silva Júnior. 2009. "Desvendando Os Mistérios Do Coeficiente de Correlação de Pearson (r) *." *Revista Política Hoje*. Vol. 18.
- Catarino, Óscar. n.d. "TERRORISMO NA AVIAÇÃO CIVIL: O IMPACTO DOS ATENTADOS DO 11 DE SETEMBRO DE 2001 NA REGULAMENTAÇÃO DA SEGURANÇA AÉREA." <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4427.0325>.
- Coze, Jean-Christophe Le. 2020. "Safety Science Research; Evolution, Challenges and New Directions."
- Das, Kumer Pial, and Asim Kumer Dey. 2016. "Quantifying the Risk of Extreme Aviation Accidents." *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications* 463 (December): 345–55. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2016.07.023>.
- De, Thalita, and Oliveira Santos. n.d. "Modelo de Previsão de Séries Temporais Para Previsão Do Preço Das Ações Da Netflix."
- Degani, A., and E. L. Wiener. 1993. "Cockpit Checklists: Concepts, Design, and Use." *Human Factors* 35 (2): 345–59. <https://doi.org/10.1177/001872089303500209>.
- EASA. n.d. "No Title." EASA. <https://www.easa.europa.eu/light/safety>.
- "Federal Aviation Administration." n.d.
- Filomena, Maria, Fontes Ricco, and Madison Coelho De Almeida. 2020. "A Aviação e a Segurança de Voo Em Um Contexto Evolutivo Da Ciência," 36–42.
- Flight Safety Foundation. 2022. "2021 Safety Report Flight Safety Foundation." <https://aviation-safety.net/database/>.
- Fultz, Andrew J., and Walker S. Ashley. 2016. "Fatal Weather-Related General Aviation Accidents in the United States." *Physical Geography* 37 (5): 291–312. <https://doi.org/10.1080/02723646.2016.1211854>.
- Harris, D. 2012. "The Human Factors That Relate to Technological Developments in Aviation." *Innovation in Aeronautics*, 132–54. <https://doi.org/10.1533/9780857096098.1.132>.
- ICAO, Annex 19. 2013. "Safety Management." *Icao, Annex 19*, no. July: 29–54.
- Janic, Milan. 2000. "An Assessment of Risk and Safety in Civil Aviation." *Journal of Air Transport Management*. Vol. 6.

- Kelly, Damien, and Marina Efthymiou. 2019. "An Analysis of Human Factors in Fifty Controlled Flight into Terrain Aviation Accidents from 2007 to 2017." *Journal of Safety Research* 69 (June): 155–65. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.03.009>.
- Khatrri, Sunil Kumar, Amity University Dubai, Amity University Dubai. Amity Directorate of Engineering & Technology, Institute of Electrical and Electronics Engineers. United Arab Emirates Section, and Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2015. *Prediction of Aviation Accidents Using Logistic Regression Model*.
- Manuel, Jorge, and Nunes Xavier. 2016. "UNIVERSIDADE ABERTA ANÁLISE E PREVISÃO DE SÉRIES TEMPORAIS COM MODELOS ARIMA E ANÁLISE ESPECTRAL SINGULAR."
- Melo, Matheus Correia De. 2020. "A EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS," 207–18.
- Muñoz-Marrón, Daniel. 2018. "Factores Humanos En Aviación: Crm (Crew Resource Management - Gestión De Recursos De La Tripulación)." *Papeles Del Psicólogo - Psychologist Papers* 39 (3). <https://doi.org/10.23923/pap.psicol2018.2870>.
- Myers, Paul L. 2016. "Commercial Aircraft Electronic Checklists: Benefits and Challenges." *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace* 3 (1). <https://doi.org/10.15394/ijaaa.2016.1112>.
- Ni, Xiaomei, Huawei Wang, Changchang Che, Jiyu Hong, and Zhongdong Sun. 2019. "Civil Aviation Safety Evaluation Based on Deep Belief Network and Principal Component Analysis." *Safety Science* 112 (February): 90–95. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.10.012>.
- Oliveira Francellino, Karina de. n.d. "UNIVERSIDADE DO SUL A SEGURANÇA NA AVIAÇÃO UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA KARINA DE OLIVEIRA FRANCELLINO A SEGURANÇA NA AVIAÇÃO APÓS O ATENTADO DE 11 DE SETEMBRO PALHOÇA 2018 DE SANTA CATARINA RANCELLINO E 11 DE SETEMBRO."
- Santos, Luis F.F.M., and R. Melicio. 2019. "Stress, Pressure and Fatigue on Aircraft Maintenance Personnel." *International Review of Aerospace Engineering* 12 (1): 35–45. <https://doi.org/10.15866/irease.v12i1.14860>.
- Spence, Tyler B., Richard O. Fanjoy, Chien tsung Lu, and Stewart W. Schreckengast. 2015. "International Standardization Compliance in Aviation." *Journal of Air Transport Management* 49 (October): 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2015.06.015>.
- "World Data Bank." n.d. <https://www.worldbank.org/en/home>.
- Yeun, Richard, Paul Bates, and Patrick Murray. 2014. "Aviation Safety Management Systems." *World Review of Intermodal Transportation Research* 5 (2): 168–96. <https://doi.org/10.1504/WRITR.2014.067234>.

Anexo I – Dados recolhidos no Aviation Safety Network (1980-2021)

	Acidentes	Vítimas		Fase de Voo					Causa Raiz			
		Fatalidades	Feridos	Solo	Descolagem	Em Rota	Aproximação	Aterragem	Erro Humano	Tecnico	Ambiente	Sabotagem
	1335	3757	2463	169	251	249	229	437	891	240	95	53
Anos	Acidentes	Fatalidades	Feridos	Solo	Descolagem	Em Rota	Aproximação	Aterragem	Erro Humano	Tecnico	Ambiente	Sabotagem
1980	29	49	7	5	5	11	4	4	13	2	5	8
1981	21	44	77	2	3	6	6	4	12	3	1	5
1982	22	231	60	2	5	8	4	3	8	5	5	4
1983	35	56	31	1	6	13	6	9	16	7	4	7
1984	20	48	37	1	10	3	2	4	10	3	1	4
1985	34	283	27	2	7	3	12	10	24	4	3	3
1986	25	110	48	3	2	3	6	11	19	2	1	2
1987	43	285	102	5	7	13	8	10	29	6	4	4
1988	29	50	153	2	7	9	6	5	18	7	3	0
1989	33	185	240	2	6	7	10	8	24	7	1	1
1990	31	120	338	3	7	6	9	6	24	4	1	1
1991	24	141	50	0	7	5	6	6	19	4	1	0
1992	24	55	45	2	7	5	6	4	16	5	2	1
1993	25	37	203	2	4	5	5	9	16	4	3	2
1994	33	283	79	5	10	6	6	6	24	6	1	2
1995	37	20	47	8	9	4	5	11	28	9	0	0
1996	29	374	25	2	3	7	6	11	19	9	0	1
1997	38	65	43	2	7	5	11	13	30	7	1	0
1998	41	12	56	4	7	6	6	18	30	8	3	0
1999	42	35	137	5	4	6	6	18	29	10	3	0
2000	38	131	44	4	8	10	9	10	24	10	3	1
2001	44	579	27	3	6	13	6	15	28	9	2	5
2002	30	21	20	1	6	5	7	10	27	1	2	0
2003	36	45	16	5	8	6	0	10	24	8	3	1
2004	33	47	13	3	6	7	15	8	27	5	1	0
2005	32	31	21	4	10	2	9	13	22	7	3	0
2006	33	70	17	6	4	5	3	15	26	5	2	0
2007	41	13	5	1	9	9	3	18	32	6	1	0
2008	32	32	7	5	6	3	4	14	23	6	3	0
2009	17	56	175	0	2	5	4	8	9	5	2	1
2010	19	12	10	2	4	3	2	8	13	5	1	0
2011	27	7	12	7	4	4	2	11	21	2	3	0
2012	22	8	6	6	3	4	1	6	14	6	1	0
2013	36	45	201	5	8	5	3	13	26	7	3	0
2014	28	13	0	9	5	1	5	7	24	1	3	0
2015	35	25	54	11	8	3	6	11	21	11	2	0
2016	34	15	4	7	3	11	2	12	25	4	2	0
2017	34	8	1	10	6	3	1	10	21	5	2	0
2018	30	13	12	8	3	6	5	10	20	4	2	0
2019	48	32	10	9	7	5	4	25	29	9	6	0
2020	29	40	2	3	5	4	3	17	13	6	1	0
2021	42	31	1	6	7	4	1	16	14	6	4	0

Anexo II – Fatores Económicos recolhido no World Data Bank

Anos	Acidentes	Inflação	Crescimento PIB
1980	29	13,55	-0,26
1981	21	10,33	2,54
1982	22	6,13	-1,80
1983	35	3,21	4,58
1984	20	4,30	7,24
1985	34	3,55	4,17
1986	25	1,90	3,46
1987	43	3,66	3,46
1988	29	4,08	4,18
1989	33	4,83	3,67
1990	31	5,40	1,89
1991	24	4,23	-0,11
1992	24	3,03	3,52
1993	25	2,95	2,75
1994	33	2,61	4,03
1995	37	2,81	2,68
1996	29	2,93	3,77
1997	38	2,34	4,45
1998	41	1,55	4,48
1999	42	2,19	4,79
2000	38	3,38	4,08
2001	44	2,83	0,95
2002	30	1,59	1,70
2003	36	2,27	2,80
2004	33	2,68	3,85
2005	32	3,39	3,48
2006	33	3,23	2,78
2007	41	2,85	2,01
2008	32	3,84	0,12
2009	17	-0,36	-2,60
2010	19	1,64	2,71
2011	27	3,16	1,55
2012	22	2,07	2,28
2013	36	1,46	1,84
2014	28	1,62	2,29
2015	35	0,12	2,71
2016	34	1,26	1,67
2017	34	2,13	2,26
2018	30	2,44	2,92
2019	48	1,81	2,29
2020	29	1,23	-3,40
2021	42	4,70	5,67

Anexo III – Dados recolhidos do ano 2022 no Aviation Safety Network

Ano	Data	Total Pessoas a Bordo	Nº de Feridos	Nº de Mortos	Fase do Voo	Causa raiz
2022	22/jan/22	0	0	0	Take off	Desconhecida
2022	02/fev/22	0	0	0	Standing	Desconhecida
2022	18/fev/22	1	0	0	Landing	Erro Humano
2022	21/fev/22	6	0	0	Take off	Desconhecida
2022	21/fev/22	9	0	0	Landing	Erro Humano
2022	28/fev/22	75	0	0	Landing	Desconhecida
2022	06/mar/22	5	0	0	Landing	Desconhecida
2022	09/mar/22	3	1	0	Landing	Desconhecida
2022	17/mar/22	1	0	0	Taxi	Erro Humano
2022	17/mar/22	1	0	0	Taxi	Erro Humano
2022	02/abr/22	4	0	0	Landing	Desconhecida
2022	13/abr/22	1	0	1	Approach	Desconhecida
2022	14/abr/22	0	0	0	Take off	Desconhecida
2022	17/abr/22	3	0	0	Landing	Erro Humano
2022	24/mai/22	4	4	0	Approach	Desconhecida
2022	07/jun/22	4	0	0	Taxi	Desconhecida
2022	07/jun/22	2	0	0	Landing	Desconhecida
2022	13/jun/22	0	0	0	Standing	Desconhecida
2022	17/jun/22				Standing	Desconhecida
2022	21/jun/22	140	4	0	Landing	Desconhecida
2022	26/jun/22	8	0	0	Take off	Desconhecida
2022	13/jul/22	1	1	0	Landing	Desconhecida
2022	15/jul/22	2	0	0	Inicial Climb	Ambiente
2022	21/jul/22	9	0	0	Landing	Desconhecida
2022	26/jul/22	199	0	0	Take off	Ambiente
2022	28/jul/22	9	0	0	Landing	Erro Humano
2022	05/ago/22	0	0	0	Taxi	Desconhecida
2022	06/ago/22	203	0	0	Landing	Desconhecida
2022	15/ago/22	5	0	0	Landing	Desconhecida
2022	20/ago/22	1	0	0	Landing	Desconhecida
2022	04/set/22	10	0	10	En Route	Desconhecida
2022	07/set/22	2	0	0	Landing	Desconhecida
2022	09/set/22	3	3	0	Approach	Desconhecida
2022	20/set/22	10	0	0	Landing	Desconhecida
2022	27/set/22	2	0	0	Landing	Desconhecida
2022	03/out/22	4	0	0	En Route	Desconhecida
2022	03/nov/22	2	0	0	Landing	Desconhecida
2022	14/nov/22	2	0	0	En Route	Desconhecida
2022	15/nov/22	3	0	0	Approach	Desconhecida
2022	15/nov/22	2	0	0	Take off	Desconhecida
2022	18/nov/22	4	0	4	Manuevering	Desconhecida
2022	25/nov/22	1	0	0	Inicial Climb	Desconhecida
2022	29/nov/22	7	0	0	Landing	Desconhecida
2022	15-DEC-2022	1	0	0	Landing	Desconhecida
2022	27-DEC-2022	7	0	0	Landing	Desconhecida

Apêndice

Artigo publicado: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/14/7997>