



TÉCNICO
LISBOA

Desenvolvimento de uma Arquitetura de Tratamento dos Dados do *Safety Management System*

Pedro Miguel Teixeira Angélico

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Aeroespacial

Orientadores: Prof. Sérgio David Parreirinha Carvalho
Eng. Miguel Maria Pires da Fonseca Frade Correia

Júri

Presidente: Prof. Paulo Jorge Coelho Ramalho Oliveira

Orientador: Prof. Sérgio David Parreirinha Carvalho

Vogal: Prof. Pedro da Graça Tavares Álvares Serrão

Outubro 2020

Dedicado a alguém especial...

Agradecimentos

Agradeço a todos os professores, técnicos, auxiliares e seguranças por todo o apoio dado ao longo destes anos que passei no Instituto Superior Técnico. Um obrigado pelo conhecimento passado e pelas experiências partilhadas. Aos meus amigos e colegas de trabalho por todo o apoio nos eventos e competições em que participei.

Um obrigado especial aos que tornaram este trabalho de dissertação possível e a aos que o transformaram numa oferta de trabalho.

Aos que leram e ajudaram na melhoria deste trabalho que hoje em dia é usado como ferramenta diária no Departamento de *Safety* da Portugália Airlines.

A todos os que me acompanharam, apoiaram e que me deram força para continuar a lutar e a estudar em todas as situações.

A toda a minha família que tornou possível a minha ida para a faculdade e conclusão do mestrado.

Resumo

A aviação encontra-se em expansão, o crescimento e prestígio desta é profundamente afetado, pelo nível de risco das operações, tornando-se necessário o desenvolvimento de medidas, métodos e sistemas de gestão da informação, que irá alimentar o *Safety Management System*(SMS), um requisito obrigatório descrito no Anexo 19 da ICAO. O objetivo deste sistema é monitorizar e controlar o nível de segurança das operações. A evolução tecnológica dos sistemas aeronáuticos levou à disponibilização de um elevado número de dados de diferentes fontes tornando inviável a análise manual da informação.

Procura-se melhorar a forma de acesso à informação, utilizando todas as fontes de dados disponíveis, a fim de compilar e tratar a informação de forma organizada, apresentá-los de forma clara e identificar tendências, recorrendo a tratamento estatístico.

Com a utilização do *Pentaho* foi possível transformar os dados e criar tabelas de ligação entre as diferentes bases de dados, tabelas estas criadas em MySQL e alocadas num servidor interno. A relação entre as tabelas foi estabelecida no *Powerbi* aquando da importação das mesmas, utilizando o identificador de voo para a relação entre as tabelas. Encontra-se no topo da organização dos dados a data, possibilitando assim os filtros temporais no *dashboard* desenvolvido.

Os resultados conseguiram ir de encontro aos objetivos esperados, criou-se uma implementação no *Pentaho* como no *PowerBI* replicável para outras fontes de dados. As transformações executadas permitiram simplificar outros trabalhos internos como a criação dos *Individual Safety Information*, tendo suscitado novas ideias derivadas da nova organização da informação.

Palavras-chave: Aviação, Bases de Dados, *Dashboard*, *Safety*, SMS

Abstract

Aviation is expanding and its growth and prestige are profoundly affected by the risk level of operations, making it necessary to develop measures, methods and information management systems, that will feed the Safety Management System (SMS), a mandatory requirement described in ICAO Annex 19. The objective of this system is to monitor and control the safety level of operations. Technological evolution of aeronautical systems has led to the availability of a large amount of data from different sources, making manual analysis of information unviable.

The aim of the purposed work was to improve the way of accessing information, using all available data sources, to compile and process information in an organized manner, present the results clearly and identify trends using statistical treatment.

With the use of Pentaho, it was possible to process the data to create connection tables between the different databases. These tables were created in MySQL and hosted on an internal server. The relationship between the tables was established in PowerBI when they were imported, using flight id as the link between tables. The date is at the top of the data organization, enabling temporal filters in the DashBoard that was developed.

The results met the expected goals and implementation in Pentaho and PowerBI could be replicated to other data sources. Data transformations simplified other internal work, such as the creation of Individual Safety Information, giving rise to new ideas derived from the new organization of information.

Keywords: Aviation, Dashboard, Database, Safety, SMS

Conteúdo

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	ix
Lista de Tabelas	xiii
Lista de Figuras	xv
Glossário	xvii
1 Introdução	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Motivação	4
1.3 Visão Geral	5
1.4 Revisão Bibliográfica	6
1.5 <i>Safety vs Security</i>	8
1.6 História dos Gravadores de Voo	9
1.7 Estrutura da Aviação Mundial	12
1.7.1 ICAO	12
1.7.2 IATA	14
1.7.3 EASA	15
1.7.4 ANAC	15
2 Safety Management System - SMS	17
2.1 Evolução Temporal de <i>Safety</i>	17
2.2 Os 4 pilares do SMS	19
2.2.1 <i>Safety Policy and Objectives</i>	20
2.2.2 <i>Safety Risk Management</i>	21
2.2.3 <i>Safety Assurance</i>	25
2.2.4 <i>Safety Promotion</i>	25
3 Safety Performance	27
3.1 Importância da medição do desempenho de <i>safety</i>	28
3.2 Tipos de indicadores de desempenho de <i>safety</i>	29
3.2.1 <i>Lagging Indicators</i>	30

3.2.2	<i>Leading Indicators</i>	34
3.3	Aquisição de Dados	37
3.3.1	Determinar que dados recolher	37
3.3.2	Sistemas de Aquisição de Dados	38
3.4	Análise de Safety	42
3.5	Safety Dashboard	44
3.6	Introdução aos Processos Analíticos	45
4	Implementação	49
4.1	Processo Associação do <i>Leg.NO</i> generalizada	49
4.2	Ligações às Bases de dados	50
4.2.1	<i>Netline</i> e <i>AQD</i>	51
4.2.2	<i>Netline</i> e <i>AGS</i> Eventos	54
4.2.3	<i>Netline</i> e <i>AGS</i> Voos	55
4.2.4	Tripulação e Voo	56
4.2.5	<i>Netline</i> e <i>AGS</i> todos os Eventos	58
4.2.6	Junção de todas as bases de dados	58
4.3	<i>Dashboard</i>	59
4.3.1	Programa	59
4.3.2	Introdução de Dados	61
4.3.3	Preparação de Dados	61
5	Resultados	66
6	Conclusão	76
6.1	Objectivos Alcançados	76
6.2	Trabalhos Futuros	77
	Referências	77

Lista de Tabelas

2.1	Matriz de Risco.	24
2.2	Matriz de Tolerância.	24
3.1	SPIs e SPTs da Portugália relativos à fadiga	36
3.2	SPIs e SPTs da Portugália relativos a <i>Approved Training Organization (ATO)</i>	36
4.1	Diferenças entre <i>Call.Sign</i>	52
4.2	Demonstração do erro de associação de <i>OCC.NO</i>	52
4.3	Tabela final <i>Netline_AQD</i>	54
4.4	Tabela final <i>Netline_AGS</i>	56
4.5	Tabela final <i>crew</i>	57
4.6	Tabela <i>OC_OCCURRENCE_EVENTS</i> inicial.	63
4.7	Tabela <i>OC_OCCURRENCE_EVENTS</i> final.	63
4.8	Tabela de <i>Root Cause</i> para interligar ao FDM.	65
5.1	Tabela de eventos aeroporto de Valência	70

Lista de Figuras

1.1	Recorde do Número de Voos.	1
1.2	Evolução do Número de Passageiros transportados.	2
1.3	Evolução do Número de Voos em milhões.	2
1.4	Fontes de Informação da Portugália Airlines.	3
1.5	Taxa de acidentes e fatalidades a bordo.	5
1.6	Primeira "caixa negra".	9
1.7	Esquema interno e funcionalidades de uma caixa negra.	10
1.8	Profundidade dos destroços de acidentes no mar.	11
1.9	Escritórios ICAO.	12
2.1	Eras do <i>Safety</i>	17
2.2	Proteção vs. Produção, <i>Safety</i>	18
2.3	Quatro Pilares do <i>Safety</i>	19
2.4	Modelo Queijo Suiço.	20
2.5	Caption for figure in TOC.	21
2.6	Componentes Preditiva, Proativa and Reativa do SMS.	22
2.7	Fontes de Identificação de Risco.	22
2.8	Treino Necessário.	26
3.1	Safety Performance.	29
3.2	Relações entre SPIs.	35
3.3	Esquema da interligação dos programas de FDM com os sistemas de SMS adaptado de.	41
3.4	Esquema da aquisição de dados abordo da aeronave.	42
3.5	Análise dos dados recolhidos.	44
4.1	Esquema das transformações <i>Netline</i> e <i>AQD</i>	53
4.2	Esquema das transformações <i>Netline</i> e <i>AGS</i> Eventos	55
4.3	Esquema das transformações <i>Netline</i> e <i>AGS</i> Voos	56
4.4	Esquema das transformações <i>Netline</i> Voos e <i>Netline</i> Crew	57
4.5	Esquema das transformações com a junção de todos os dados	59
4.6	Plantaforma <i>PowerBI</i>	60
4.7	Plantaforma <i>Tableau</i>	60

4.8	Paleta de cores.	60
4.9	Esquema das bases de dados.	62
4.10	Ligações <i>Netline - AQD</i>	64
4.11	Ligações <i>Netline - AQD - FDM</i>	65
5.1	Página <i>Occurrences dashBoard</i>	67
5.2	Página <i>Occurrence by Airports dashBoard</i>	67
5.3	Página <i>Time/Reports DashBoard</i>	68
5.4	Página <i>FDM Analyzed Sample dashboard</i>	69
5.5	Página <i>FDM Analyzed Sample (2) DashBoard</i>	69
5.6	Página <i>FDM Detected Events DashBoard</i>	70
5.7	Página <i>FDM Detected Events by Airport dashboard</i>	70
5.8	Página <i>Hard Landing dashboard</i>	71
5.9	Página <i>VMO/MMO dashboard</i>	72
5.10	Página <i>Flap Overspeed dashoard</i>	72
5.11	Página <i>Go Around dashboard</i>	73
5.12	Página <i>Unstable Approach dashboard</i>	75

Glossário

- AFM** (Airplane Flight Manual): Manual de Voo do Avião;
- AGS** (Analysis Ground Station): Estação Terrestre de Análise;
- ALos** (Acceptable Level of Safety): Nivel de Segurança Operacional Aceitável;
- ANAC** Autoridade Nacional de Aviação Civil;
- ATO** (Appoved Training Organization): Organização de Treino Aprovada;
- CEO** (Chief Executive Officer): Diretor Executivo;
- CE** Comissão Europeia;
- CVR** (Cockipt Voice Recorder): Sistema de gravação de Voz do Cabine;
- DARs** (Direct Acess Recorders): Gravadores de Acesso Direto;
- DAX** (Data Analysis Expression); Expressão de Análise de Dados;
- DMUs** (Data Management Units): Unidades de Gestão de Informação;
- EASA** European Aviation Safety Agency): Agência Europeia para a Segurança na Aviação Civil;
- EBT** (Evidence-Based Training): Treino Baseado em Evidências;
- EPAS** (European Plan for Aviation Safety): Plano Europeu para a Segurança na Aviação;
- ETL** (Extract, Transform, Load): Extração, Transformação, Carregamento;
- FDAC** (Flight Data Acquisition Card): Cartão de Aquisição de Dados de Voo;
- FDAU** (Flight Data Acquisition Unit); Unidade de Aquisição de Dados de Voo;
- FDA** (Flight Data Analysis); Análise de Dados de Voo;
- FDIU** (Flight Data Interface Unit): Unidade de Interface de Dados de Voo;
- FDM** (Flight Data Monitoring); Monitorização de Dados de Voo;
- FDR** (Flight Data Recorders): Gravadores de Dados de Voo;
- FOQA** (Flight Operation Quality Assurance): Garantia de Qualidade da Operação de Voo;

IATA (International Air Transport Association): Associação de Transporte Aéreo Internacional;

ICAO (International Civil Aviation Organization): Organização da Aviação Civil Internacional (**OACI**);

INAC Instituto Nacional de Aviação Civil;

IOSA (IATA Operational Safety Audit): Auditoria de Segurança Operacional da IATA;

ISI (Individual Safety information): Informação Individual de Segurança Operacional;

ISO (International Organization for Standardization): Organização Internacional de Normalização;

JAA (Joint Aviation Authorities); Associação de Autoridades Comuns da Aviação;

JDBC (Java Database Connectivity): Conectividade JAVA a bases de dados;

METARs (Meteorological Aerodrome Reports): Reporte Meteorológico do Aeródromo;

MOC (Management of Change): Gestão da Mudança;

MOR (Mandatory Occurrence Report): Reporte de Ocorrência Obrigatório;

NACA (National Advisor Comittee for Aeronautics): Comité Nacional para Aconselhamento sobre Aeronáutica;;

ODBC (Open Database Connectivity): Conetividade Aberta para bases de dados;

ONU Organização das Nações Unidas;

PNC Pessoal Navegante de Cabine;

QAR (Quick Access Recorder): Gravador de Acesso Rápido;

SACA Safety Assessement of Community Aircraft;

SAFA Safety Assessement of Foreign Aircraft;

SAG (Safety Action Group): Grupo de Ação de Segurança Operacional;

SARPs Standards And Recommended Practices;

SDCPS (Safety Data Collection and Processing Systems): Sistema de Aquisição e de Processamento de Dados de Segurança Operacional;

SLO (Safety Line Officer): Oficial de Linha de Segurança Operacional;

SMI (Safety Management Implementation): Implementação da Gestão de Segurança Operacional;

SMS (Safety Management System): Sistema de Gestão de Segurança Operacional;

SOP (Standard Operating Procedures): Standarização de Procedimetos Operacionais;

SPI (Safety Performance Indicatos): Indicador de Desempenho de Segurança Operacional;

- SPT** (Safety Performance Target): Meta de Desempenho de Segurança Operacional;
- SRB** (Safety Review Board): Quadro de Revisão da Segurança Operacional;
- SRM** (Safety Risk Management): Gestão de Risco de Segurança Operacional;
- SSP** (Safety State Program): Programa de Segurança Operacional do Estado;
- TAS** (True Airspeed): Velocidade do Ar Verdadeira;
- ULB** (Underwater Locater Beacon): Farol Localizador Subaquático;
- ULD** (Underwater Locating Device); Dispositivo de Localização Subaquático.

Capítulo 1

Introdução

"The Wright Brothers created the single greatest cultural force since the invention of writing. The airplane became the first World Wide Web, bringing people, languages, ideas, and values together"[1].

Durante o processo evolutivo do ser humano, sonhadores e inovadores ponderaram a possibilidade do transporte aéreo. O primeiro voo comprovado de uma aeronave mais pesada do que o ar [2] foi realizado no ano de 1903, esse marco inicial foi alcançado há apenas 110 anos [2]. O primeiro voo comercial aconteceu passados 11 anos, por Tony Jannus a 1 de Janeiro de 1914, entre Tampa e São Petersburgo, ambas as cidades na Flórida [3].

Desde então, o setor da aviação encontra-se em expansão, devido ao crescimento do transporte aéreo suportado pelo crescimento económico a nível mundial.

Todos os dias, milhares de aviões descolam e aterram sem incidentes. Segundo o FlightRadar24 [4], a 29 de junho de 2018 foram registados 202 157 voos tal como se pode observar na figura 1.1.

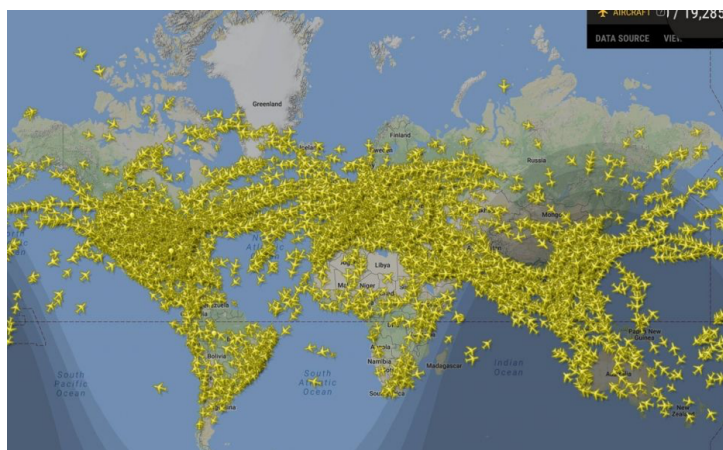


Figura 1.1: Imagem do Mundo no dia em que se deu o record do número de voos [4].

Estiveram 19 285 aeronaves ao mesmo tempo no ar, tendo sido transportados cerca de 2,7 milhões de passageiros [5][4], com uma média de cerca de 100 000 voos diários [6]. Voar tem uma enorme importância na atualidade e a aviação continuará a ser alvo de desenvolvimento no controlo e segurança, de forma a tornar este meio de transporte cada vez mais seguro.

A evolução do número de passageiros transportados pode observar-se na figura 1.2



Figura 1.2: Evolução do Número de Passageiros transportados em biliões adaptado de [7].

Estimava-se que o número de voos chegaria a 40,3 milhões em 2020, quase mais um milhão de voos comparados com a previsão para ano anterior, como se pode verificar na figura 1.3, que representa um aumento de mais de 50% em relação à década anterior.

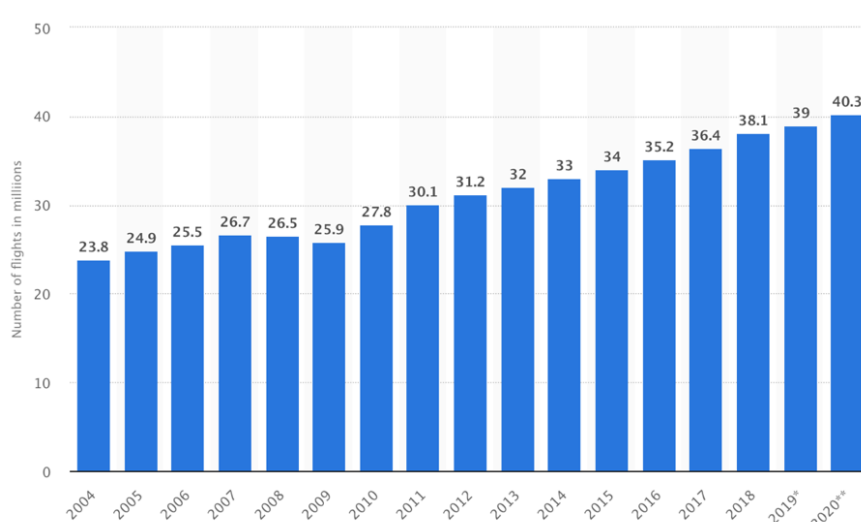


Figura 1.3: Evolução do Número de Voos em milhões. * estimativa e ** previsão adaptado de [8].

Com o surgir da pandemia mundial, Covid-19, a aviação sofreu um decréscimo acentuado, entre os meses de março a junho, tendo praticamente parado. Após o recomeço, as questões levantadas em relação ao ser ou não seguro voar e o medo das pessoas em se deslocarem a outros países leva a que o futuro da aviação seja incerto e as expectativas para o ano de 2020 irão ficar por superar. Outra questão que se levanta em termos de segurança operacional, é que o facto de os pilotos estarem tanto tempo sem voar poderá aumentar o risco de incidentes. As grandes organizações relacionadas com a aviação debatem este assunto e lançam documentos de apoio como o *Return to Normal Operations for air operators* da *European Union Aviation Safety Agency* (EASA) [9].

1.1 Objetivos

Os programas de *Safety Management System* (SMS) têm vindo a evoluir e a acompanhar o crescimento da indústria da aviação, procurando ser mais abrangente recorrendo a novas fontes de informação como dados de operação, a sistemas de *Flight Data Monitoring* (FDM) e ao sistema de comunicação de ocorrências, obrigatório e voluntário.

Os sistemas aviónicos encontram-se em constante desenvolvimento, permitindo registar mais dados de voo para a análise nos programas de FDM e os sistemas de comunicação de ocorrências são cada vez mais utilizados, tendo para isso contribuindo a cultura de *safety* justa e positiva.

Esta dissertação foi proposta ao Instituto Superior Técnico, em especial ao Professor Sérgio Carvalho, pelo Departamento de *Safety* da empresa Portugália Airlines.

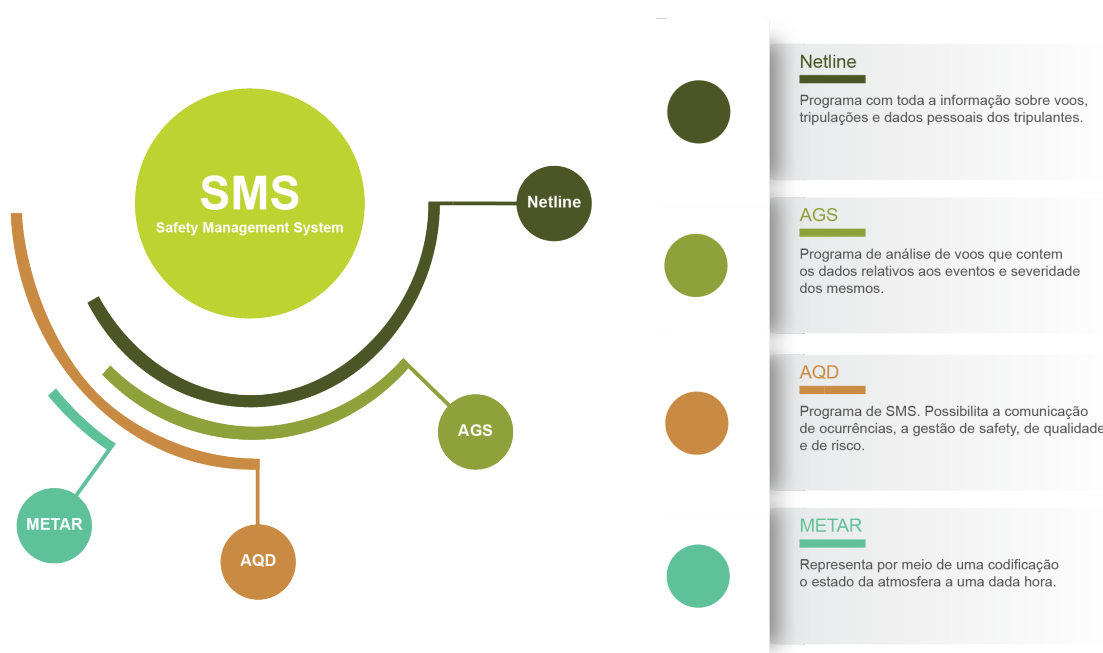


Figura 1.4: Fontes de Informação da Portugália Airlines com breve descrição do seu conteúdo. AGS - *Analysis Ground Station*; METAR - *Meteorological Aerodrome Report*

Como se pode verificar na figura 1.4, o SMS encontra-se implementado na empresa utilizando diversas fontes de informação para a medição do desempenho.

Com este trabalho pretendeu-se melhorar a forma de acesso à informação, utilizando as fontes de dados representadas na figura 1.4, a fim de a compilar e de a tratar de forma organizada e interligada. Posteriormente, pretendeu-se ainda identificar as variáveis fundamentais, clarificar a apresentação de resultados e identificar tendências recorrendo a tratamento estatístico.

1.2 Motivação

O prestígio desta indústria é profundamente afetado pela segurança, qualquer acidente torna-se o foco de atenção da comunicação social, com muito visibilidade nas primeiras páginas dos jornais, nas notícias da televisão e inundando as redes sociais. Apesar de completamente desviado do propósito de informar e erradamente, o conhecimento dos registos de voo e a atribuição de culpas são muitas vezes colocados como ponto chave pelo público.

Para haver confiança e qualidade na aviação, a segurança é fundamental e deve tornar-se a prioridade de todas as entidades envolvidas no setor do transporte aéreo. A necessidade de melhorar a segurança nasceu após os primeiros acidentes de aviação. Quanto mais complexas as aeronaves se tornam, mais complexas são as medidas de segurança associadas.

Um fator determinante que aumenta a dificuldade da gestão da segurança é o aumento do número de voos. O controlo aéreo torna-se cada vez mais complexo, aumentando as necessidades de desenvolver novas medidas, novos métodos e sistemas de gestão da informação, que irão alimentar o *Safety Management System* (SMS), um requisito obrigatório descrito no anexo 19 da ICAO [10].

O SMS refere-se a um conjunto de processos e ferramentas para gerir formalmente o programa de segurança de forma estruturada, tem como objetivo procurar ativamente perigos ou problemas de segurança nas atividades da empresa, desenvolver ações corretivas de forma a mitigar os riscos associados e monitorizar continuamente, de forma a garantir que os riscos foram adequadamente controlados.

A gestão da segurança para a prevenção de acidentes não é um tópico novo do século XXI, teve início na época da revolução industrial e encontra-se implementado na indústria química [11], petrolífera [12] e alimentar [13], entre outras, como por exemplo, o setor alimentar utiliza sistemas de gestão de risco (obrigatórios) e programas de identificação de perigos e controlo de risco, pois tal como a aviação põe em causa a integridade física de pessoas, de bens, de equipamentos, do ambiente, da reputação da empresa que por sua vez a pode afetar economicamente. No sector da aviação, não são apenas as companhias aéreas que fazem gestão da segurança, os provedores de serviços de aviação são legalmente obrigados a ter sistemas de gestão de risco.

As diretrizes dos programas de segurança da aviação a nível governamental e do operador individual podem ser encontradas na "Bíblia" SMS, documento 9859 da *International Civil Aviation Organization* (ICAO) [14]. Devido à complexidade da operação, cada operador cria os seus próprios programas e procedimentos, adaptando as diretrizes gerais à sua atividade.

De forma a comprovar o resultado dos programas de SMS implementados, a informação operacional é recolhida e analisada continuamente, tendo por objetivo melhorar ou manter os níveis de segurança operacional aceites pela empresa - *Acceptable Level of Safety* (ALoS) e garantir a eficácia dos sistemas de mitigação de risco.

Uma das principais fontes de informação para o SMS é o sistema de registo de dados de voo. Com a quantidade de dados gerada por estes sistemas torna-se inviável executar a análise manual voo a voo, sendo necessário desenvolver ferramentas com essa capacidade. Não só na aviação, mas a nível geral, começa a estar disponível um volume elevado de dados de operação e as empresas passam a

ter demasiada informação disponível e a gestão da mesma pode tornar-se complexa, nascendo assim o conceito de *Big Data*. As empresas precisam de estruturar, organizar e guardar a informação e com esse objetivo começaram a criar bases de dados. Os dados guardados sem qualquer tipo de interligação, têm uma utilidade muito reduzida, sendo necessário criar relações de forma a possibilitar uma análise dos dados completa que permita retirar conclusões sobre a operação que de outra forma seriam difíceis de identificar e analisar.

Com esta análise pretende-se perceber quais os efeitos das ações anteriormente tomadas, fornecendo assim dados que permitam determinar quais as novas ações a serem adotadas.

O efeito da implementação do FDM nos anos 90 e do SMS nos anos 2000 é notório com o aumento dos níveis de segurança na operação aérea, refletindo-se no reduzido número de acidentes e de fatalidades abordo, representado no gráfico da figura 1.4.

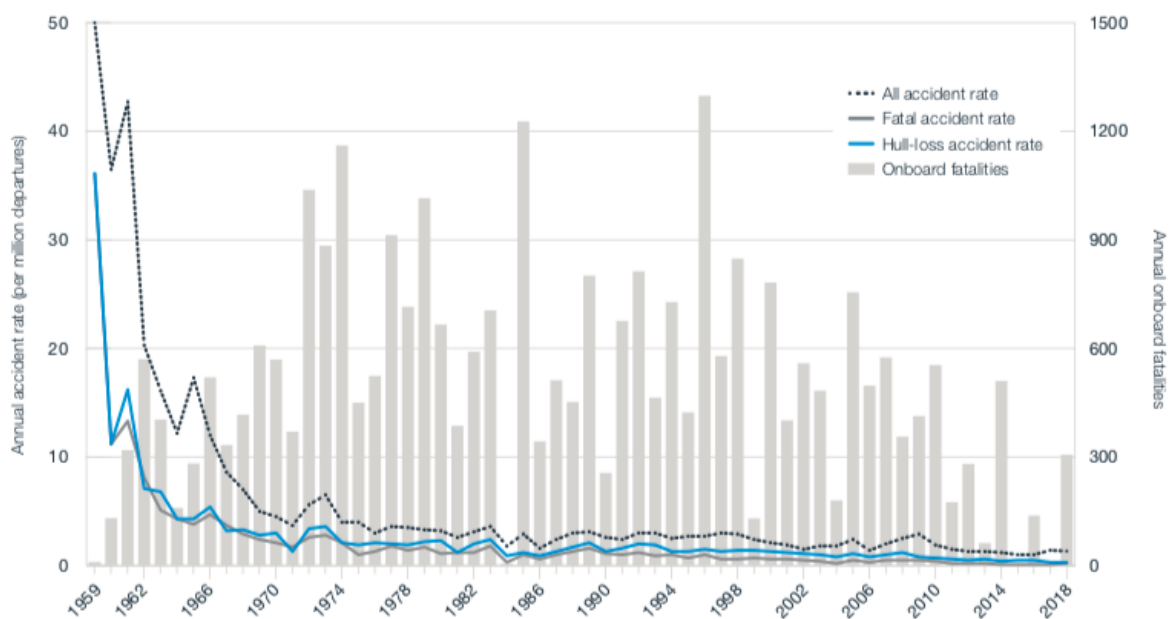


Figura 1.5: Evolução da taxa de acidentes e fatalidades a bordo por milhão de partidas adaptado de [15].

1.3 Visão Geral

No capítulo 1, após a introdução e antes de iniciar a apresentação da base da qual este trabalho nasce, irão ser apresentados dois conceitos, *safety* e *security*, que por vezes se confundem e é importante deixar claro o seu significado e em que é que consistem. Faz-se referência ainda à estrutura da aviação mundial, importante para perceber de onde vêm as diretrizes, quem executa as regras e quem as faz cumprir.

No capítulo 2, apresenta-se uma introdução bibliográfica, tendo por base os documentos principais que são utilizados para a correta implementação do SMS na aviação, publicados pelas diversas entidades responsáveis. Foca-se também a atenção na investigação executada sobre possíveis soluções

e implementações que podem ser utilizadas como base inicial para o desenvolvimento de alguns dos temas deste trabalho.

No capítulo 3, apresenta-se a evolução do SMS na aviação bem como o sistema de medição da *performance* de safety e as diversas ferramentas utilizadas na aviação em geral.

No capítulo 4, aborda-se a questão da medição dos níveis de *safety* de uma empresa de aviação, apresentam-se exemplos de indicadores de medição do desempenho bem como a aquisição de dados. Aprofunda-se o tema dos dados de *Flight Data Monitorin* (FDM) pela complexidade do sistema de aquisição. Apresenta-se ainda o objetivo do trabalho, as questões levantadas e as dificuldades sentidas no dia-a-dia numa empresa de aviação na interligação de todos os seus sistemas.

No capítulo 5, desenvolve-se a implementação, na qual se descrevem todos os procedimentos, tentativas e caminhos percorridos para tentar chegar a um resultado positivo e eficaz. Neste capítulo, são demonstrados ainda os resultados das diversas implementações finais e qual o resultado obtido com a interligação dos dados.

No capítulo 6 e para terminar vem a conclusão, na qual será discutido o sucesso e o progresso conseguido para a companhia, bem como os problemas ainda a ultrapassar. Como em todos os sistemas, existe sempre trabalho futuro, como novas implementações e aplicações, podem ser necessárias modificações e melhorias que serão apresentadas neste tópico.

Como forma de obter mais informação sobre algumas questões que venham a surgir ou apenas com o objetivo de adquirir mais conhecimento, será disponibilizada a bibliografia com todas as fontes de informação utilizadas.

Durante esta dissertação vão ser utilizados termos técnicos descritos na língua Inglesa evitando assim traduções forçadas.

1.4 Revisão Bibliográfica

A aviação comercial é comportada por uma componente muito forte de documentação de forma a garantir a qualidade e baixo risco operacional, existindo uma estrutura mundial com objetivos traçados na área da regulamentação e fiscalização. No topo da estrutura mundial encontra-se a *International Civil Aviation Organization* (ICAO) que junto dos seus estados-membros elabora os padrões e as práticas recomendadas, as *Standards and Recommended Practices* (SARPs). Como forma de divulgação e auxílio à implementação são criados documentos de apoio como o DOC 9859 da ICAO - *Safety Management Manual* [16] [14], e os anexos da Convenção de Chicago, como por exemplo o anexo 13 - *Investigação de Acidentes de Aviação* [17] e o anexo 19 - *Sistema de Gestão da Segurança Operacional* [10].

Devido à complexidade da estrutura, a EASA, na europa, fica responsável por colaborar com a Comissão Europeia na preparação das regras comuns de segurança e na negociação dos acordos internacionais de segurança da aviação. Tem como missão a promoção dos mais altos padrões comuns de segurança e proteção ambiental, executa processos de certificação, facilita o mercado interno e cria condições de igualdade. Todos os anos desenvolve o *European Plan for Aviation Safety* (EPAS)

[18], com vista aos próximos 4 anos da aviação europeia. Quando existe necessidade, desenvolve documentos de apoio como por exemplo *Return to Normal Operations for air operators* [9].

Em cada estado-membro, existe uma autoridade responsável por legislação mais restritiva, pela fiscalização e supervisão da aviação civil, desenvolvidas pela Autoridade Nacional de Aviação Civil (ANAC) em Portugal.

A Portugália Airlines desenvolve um manual próprio, SMM, onde apresenta as normas e diretrizes obrigatórias bem como a sua adaptação na empresa [19]. Executa procedimentos internos como forma de garantia de qualidade dos mesmos, como por exemplo: P-DS-03 - *Safety Reporting System* [20], P-DS-05 - *Risk Management* [21], P-DS-06 - *Flight Data Monitoring Procedure* [22], P-DS-09 - *Investigação de Ocorrências* [23] e o P-DS-10 - *Safety Performance Analysis* [24].

De forma a perceber se existe já alguma solução criada no mercado e na indústria deve fazer-se um levantamento de mercado, para perceber se existe algum tipo de solução viável já desenvolvida que seja possível aplicar. Caso contrário, é importante perceber se já foram executados projetos nesse âmbito e quais as razões que os levaram ao insucesso. Nesta tese são apresentados diversos temas abordados anteriormente para outros fins, podendo estes agora ser uma mais valia para o desenvolvimento deste trabalho.

O tema principal por detrás deste trabalho passa pela garantia de que o *Safety Management System* está a ser implementado de forma eficaz, em particular no ponto relativo à identificação de perigos e gestão de riscos. Para além da importância explicada nos documentos oficiais da ICAO foi importante perceber dois exemplos práticos da aplicação do SMS: numa empresa de aviação no geral e numa empresa na área de manutenção. Uma tese de mestrado do Instituto Superior Técnico, com o objetivo de avaliar a implementação do SMS de uma forma geral, acabando por ter apenas incidência no Pessoal Navegante de Cabine, na Azores Airlines e uma outra tese de mestrado da Universidade da Beira Interior, com o objetivo da implementação do SMS na área da manutenção. Ambas abordam inicialmente o SMS com incidência na importância da implementação, bem como executar a implementação e como garantir que o SMS se encontra implementado [25] [26].

Focando a pesquisa ainda mais no objetivo a atingir, encontrou-se um estudo relativo ao processo de *Data Mining* na promoção da gestão de *safety* da aviação, com a qual se percebe um pouco sobre a atualidade da aviação e sobre o futuro da mesma. Percebe-se que o problema encontrado foi o mesmo, um número elevado de dados de voo e de reportes de ocorrências sem ter sido conseguido retirar informação dos mesmos. Através da estruturação de um processo de tratamento de dados conseguiu-se processar os mesmos de forma a introduzi-los numa apresentação gráfica. Apresenta-se um problema interessante, aquando da pesquisa de palavras como *plane* a existência de sinónimos *airplane* ou *aircraft* dificulta a pesquisa, e a existência de erros ortográficos pode impossibilitar uma pesquisa onde os dados finais não serão os reais [27]. Tal como apresentado na tese anterior era importante perceber como apresentar os dados de forma clara e objetiva. Dois trabalhos foram encontrados, uma tese do Instituto Superior Técnico sobre *Implementing a Dashboard for Data Exchange on the REPOX Tool* e outra tese da *Chalmers University of Technology* com o tema *Web-based Real-time Information Dashboard*.

Com estes dois trabalhos é possível adquirir conhecimento sobre dois caminhos possíveis de passar a informação para um *dashboard*, mas para além disso, consegue-se perceber quais as bases de um *dashboard*, quais os tipos que existem e como e quando utilizar cada um deles. Têm como objetivo ajudar na decisão de tarefas, destacar informação de forma simples e clara, fornecer alertas quando ocorre um problema e alguns são capazes de fornecer um interface interativo. Existem três tipos de *dashboard*: operacional, tático e estratégico. Neste trabalho irá utilizar-se o tipo operacional, devido ao facto de este tipo de painel dar maior destaque à monitorização fornecendo informações detalhadas em tempo real [28] [29].

No trabalho desenvolvido por Samaniego [28] executou-se um estudo sobre o tipo de gráfico a apresentar em cada situação e como se deve escolher a paleta de cores a utilizar.

1.5 *Safety vs Security*

Apesar de corresponderem ambos à palavra “segurança” em português, *safety* e *security* são dois conceitos diferentes, cada um com as suas ações bem definidas. *Security* é definido pelo Anexo 17 da ICAO como “a combinação de medidas e de recursos técnicos e humanos, visando proteger a aviação civil internacional dos actos de interferência ilícita contra as aeronaves civis em terra ou em voo, as tripulações, o pessoal de terra, as instalações aeronáuticas, os aeroportos e os serviços de navegação aérea” [14], ou o público em geral.

Security preocupa-se com algo que envolva uma decisão ilegal e intencional por parte de um ser humano, sendo ou não terrorismo, como por exemplo transporte de substâncias ou mercadorias ilícitas. Existe um considerável número de medidas no sentido de prevenir ou mitigar a ocorrência deste tipos de atos, tais como, rastreamento por *Raio-X*, deteção de vestígios de drogas e explosivos nos aeroportos, proibição de transporte de bens considerados de risco, limite máximo de certo tipo de produtos, entrevistas pessoais, rastreio de bagagem, entre outros [30].

Safety traduz-se no estado, em que o risco de lesões em pessoas ou de danos a bens se reduz e se mantém a um nível aceitável, através de um processo contínuo de identificação de perigos e de gestão de risco [16].

O *safety* está relacionado com a prevenção de acidentes, erros ou defeitos não intencionais no *design*, na construção, na manutenção e/ou na operação de aeronaves, podendo ser estendido a todas as áreas e pessoas envolvidas quer direta, quer indiretamente [31].

Relacionando ambas as áreas, podem separar-se os limites de atuação considerando que *security* relaciona-se com os riscos intencionais que podem colocar a aviação em risco ou ter um impacto negativo na mesma. O *safety* tem a ver com os riscos provenientes da própria operação, ou seja a aeronavegabilidade, as licenças detidas pelas companhias e empresas ligadas à aviação, a própria operação, os aeródromos, a navegação aérea, entre outros. Apesar das diferenças apontadas, existem semelhanças.

Em ambos os casos e relativamente ao modo de atuação, numa primeira fase devem ser identificados os perigos. Posteriormente devem ser analisados os riscos associados aos perigos identificados e

deve implementar-se medidas adequadas à sua mitigação. Este processo deve ser contínuo, e no caso de ocorrência de incidente ou acidente, uma investigação pode ajudar na identificação das deficiências do processo e encontrar ações corretivas.

Ao longo desta dissertação, sempre que o autor se referir a *safety* irá de denominar-se de segurança operacional e por sua vez *secutity* será segurança.

1.6 História dos Gravadores de Voo

A gravação de dados de voo iniciou-se na época da II Guerra Mundial, quando a *National Advisor Committee for Aeronautics* (NACA) instalou gravadores nos aviões, estes recolhiam a *Indicated Airspeed* e a *Load Factor* com o objetivo de melhorar o projeto estrutural. Nos anos 50, David Warren segue os seus instintos e inicia as suas pesquisas sobre gravadores de dados de voo no *Aeronautical Research Laboratories* em Melbourne.

Com os sucessivos acidentes e sem qualquer tipo de registo que ajudasse nas investigações era complicado descobrir e resolver as causas dos acidentes. Ao mesmo tempo, o primeiro-ministro inglês Winston Churchill interrogava-se com o fracasso dos seus *Demanlland comet*. Após a terceira explosão, Winston Churchill anuncia que não se deve poupar nos custos e na mão de obra para perceber as causas dos fracassos [32]. Em 1957, Warren apresenta o seu primeiro protótipo com o nome *Memory Unit*, que consistia numa caixa revestida a aço e pintada de vermelho ou laranja, já com o intuito de se destacar nos destroços do acidente [33].

Nos anos 60, não apenas na Austrália, mas também em Inglaterra e na América, passou a ser requisito obrigatório nos aviões comerciais a presença de um gravador de dados de voo, *Flight Data Recorders* (FDR), que gravam os parâmetros de voo a fim de auxiliar na investigação de acidentes. A gravação era feita em fita magnética o que limitava tanto o número de parâmetros como a quantidade de dados que poderiam ser gravados: rumo (heading), altitude, velocidade (airspeed), aceleração vertical e tempo (horas).

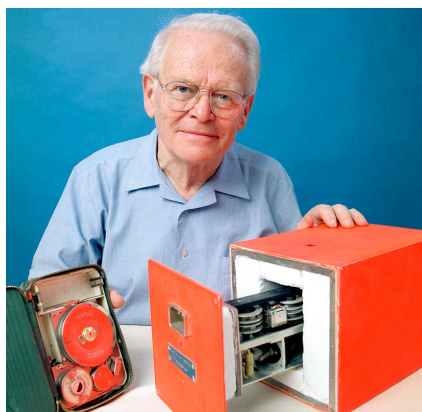


Figura 1.6: Dr. David Warren com o seu primeiro protótipo de um FDR adaptado de [33].

A partir de 1965, a estrutura exterior das caixas dos FDR, também conhecidas com “Caixas negras”, passaram obrigatoriamente a serem pintadas de laranja brilhante ou amarelo brilhante, como forma

de facilitar na localização em caso de acidente, como se pode observar na figura 1.6, onde se pode visualizar o Dr. David Warren junto da primeiro protótipo de um FDR, já na altura pintado de laranja. Esta norma encontra-se redigida no ponto 1.1 a) apêndice 9 do Anexo 6 da ICAO [14] [34].

O sucesso da utilização dos dados provenientes de FDR, nas investigações de incidentes, acidentes e falhas técnicas, foram fulcrais na ajuda ao desenvolvimento do projeto aeronáutico e até mesmo no próprio processo de investigação de acidentes e incidentes. Percebeu-se que era necessário aumentar a aquisição e o registo de dados, mas os sistemas encontravam-se limitados pela sua capacidade de processamento.

As limitações existentes na altura e a pressão constante sobre o sector da aviação comercial para obter melhorias na segurança levou ao investimento em eletrónica aplicada à parte aviónica e à transição da tecnologia de analógico para digital, que tornou possível, hoje em dia, a gravação de mais de 3000 parâmetros [35]. Existem agora dados disponíveis para se iniciar o desenvolvimento dos sistemas de análise e processamento de dados de voo, também conhecidos como programas de *Flight Data Analysis* (FDA), *Flight Data Monitoring* (FDM) ou *Flight Operation Quality Assurance* (FOQA). Com este estudo e análise dos voos, desenvolve-se uma garantia de qualidade dos processos. Os parâmetros obrigatórios encontram-se indicados no ponto 2 apêndice 9 do Anexo 6 da ICAO [36].

Na figura 1.7, para além da caixa negra encontra-se também o *Cockpit Voice Recorder* (CVR) que grava som e a voz do *headset* e o som dentro do cockpit, incluindo conversas e alarmes. Os primeiros CVR, tal como os FDR, gravavam numa fita magnética com capacidade para apenas 30 minutos, sobrepondo os dados através da inversão do sentido da fita. Com a investigação de acidentes, percebeu-se que os últimos 30 minutos não eram suficientes para a análise de alguns casos, por vezes era perdida informação pertinente. Os CVR atuais têm capacidade para gravar 4 canais de áudio separados e cerca de 2 horas de voo [37]. Os parâmetros obrigatórios encontram-se indicados no ponto 3 apêndice 9 do Anexo 6 da ICAO [14].

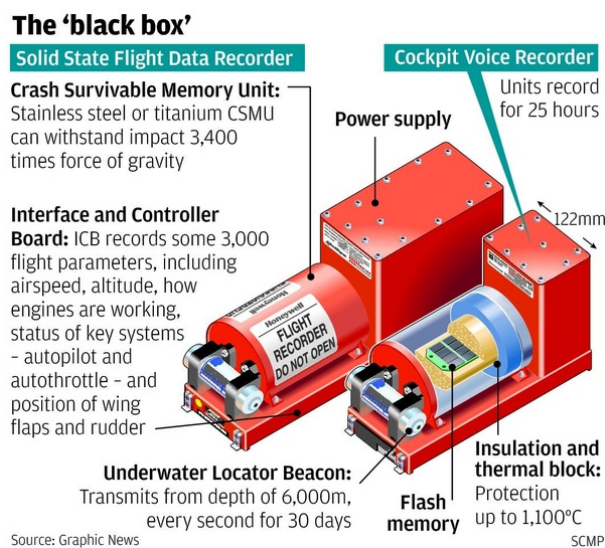


Figura 1.7: “Caixa negra” Honeywell ED-55 Flight Data Recording System instalada no voo MH370 da Malaysian Airlines adaptado de [38].

Tanto a caixa negra como o CVR estão equipados com um dispositivo de localização denominado de *Underwater locater beacon* (ULB) ou *Underwater locating device* (ULD), dispositivo este que quando submerso em água é ativado e inicia a emissão de pulsos ultrassônicos a 37,5 kilohertz (kHz), a cada segundo e pode transmitir som a uma profundidade de 4267 metros (14000 pés).

A melhoria tem vindo a ser notória mas existem dificuldades que ainda não foram ultrapassadas. Vejamos o voo AF447 da Air France a 1 de junho de 2009, entre o Rio de Janeiro e Paris, que se despenhou no Oceano Atlântico, apenas dois anos depois do acidente é que foram encontradas as caixas negras. Outro caso, o voo MH370 da Malaysia Airlines a 8 de março de 2014, entre Kuala Lumpur e Pequim, que desapareceu dos radares quando sobrevoava o Golfo da Tailândia, do qual ainda não se encontrou a caixa negra.

As buscas oceânicas são complicadas, demoradas e extremamente caras. No acidente do AF447 a busca e recuperação dos destroços do avião rodaram os 36 milhões de euros, no acidente do MH370 já se contabilizam custos superiores ao do AF447 mas não existe um número final, uma vez ainda não encontraram a caixa negra [39].

A profundidade do mar dificulta as buscas devido à atenuação das ondas ultrassônicas, não permitindo a deteção dos pulsos emitidos pela caixa negra. Na figura 1.8 pode-se observar uma comparação da profundidade a que se encontraram destroços de diversos acidentes.

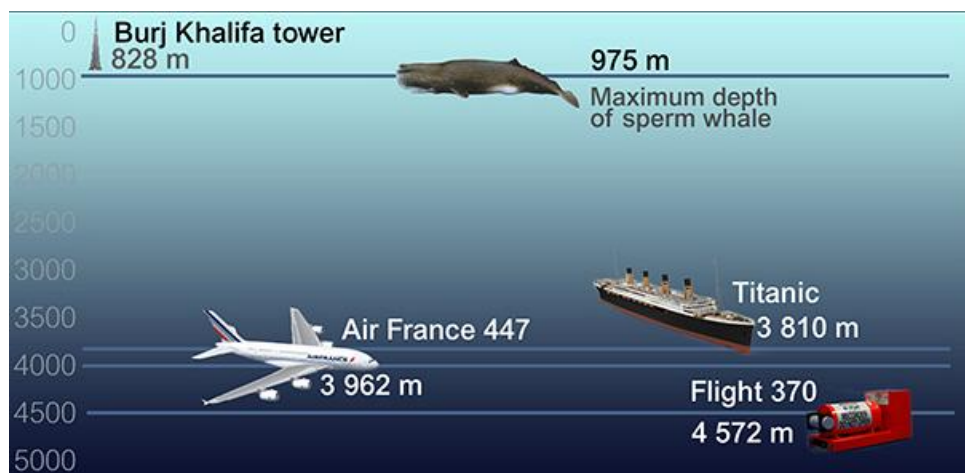


Figura 1.8: Comparação da profundidade dos destroços de alguns acidentes adaptado de [39].

Após estes acidentes, a 1 de janeiro de 2019, aeronaves com rotas afastadas mais de 180milhas náuticas da costa passam a ter que estar equipadas com ULBs de baixa frequência, 8.8 kHz, aumentando a profundidade operacional máxima para 6000 metros (20000 pés). A partir de 1 de janeiro de 2020, a regulamentação de safety para a aviação europeia nas operações aéreas sofre alteração onde as baterias dos ULBs para a transmissão dos pulsos ultrassônicos é estendida de 30 dias para 90 dias [34]. A extensão do tempo de transmissão facilita nas buscas, tal como o Professor Rodrigo Ventura do Instituto Superior Técnico afirmou numa entrevista ao jornal expresso, dizendo que a deteção das caixas negras é uma “corrida contra o tempo”, até a bateria do sinal terminar [40].

1.7 Estrutura da Aviação Mundial

A aviação tem uma forte ligação com as normas e a documentação, onde existem diversas organizações, associações e autoridades em que cada uma tem um papel na estrutura da aviação mundial.

Não se tornam claros os limites de ação de cada uma e por vezes nem as suas funções específicas em termos de regulamentação e verificação, assim sendo, decidiu-se introduzir e explicar um pouco da história de alguns elementos desta estrutura bem como explicar quais as suas funções.

1.7.1 ICAO

A *International Civil Aviation Organization* (ICAO) em, inglês, ou em português, Organização Internacional da Aviação Civil, foi criada em 1944 aquando da convenção sobre a aviação civil internacional em Chicago, tendo ficado conhecida por Convenção de Chicago. Mais tarde, em Outubro de 1947, tornou-se uma agência especializada da recente Organização das Nações Unidas, ONU.

Com sede em Montreal, no Canadá, tem vários escritórios com representantes legais espalhados pelo mundo, tal como se pode observar na figura 1.9.



Figura 1.9: Escritórios da ICAO espalhados pelo mundo [41].

Originalmente, 55 estados membros assinaram a Convenção de Chicago tendo como preocupação o crescimento sustentável, na base das boas relações entre as nações e povos do mundo, evitando atritos, e procurar uma operação com base na igualdade de oportunidades, sã e económica.

Os objetivos são possíveis de alcançar criando regras entendidas pelos Estados Contratantes relacionadas com a atividade da Aviação civil. A ICAO constitui desde a sua criação o principal instrumento de Direito Internacional Público que regula o tráfego e a navegação aérea internacionais. Actualmente, a ICAO trabalha em conjunto com 193 estados-membros e com grupos da indústria da aviação para alcançar um consenso das Normas e práticas recomendadas, SARPs - *Standards And Recommended Practices*, para a aviação civil internacional, procurando assim, sempre que possível realizar uma operação segura, eficiente, protegida, economicamente sustentável e ambientalmente responsável.

Os estados membros da ICAO são responsáveis por pôr em prática as SARPs e as políticas definidas para garantir que a sua operação e as normas da aviação civil nacional se ajustam às normas mundiais, permitindo uma operação segura e confiável numa rede de mais de 100.000 voos diários.

As normas e práticas por esta definida devem ser cumpridas por todos os estados membros, não impedindo o desenvolvimento de normas nacionais que possam ser mais rigorosas do que as contidas nos anexos. Todas as alterações devem ser comunicadas e desde que aprovadas devem ser seguidas. Mais de 12.000 SARPs encontram-se nos 19 anexos da Convenção de Chicago e encontram-se divididas por área de atuação [14]:

- Anexo 1 – Licença de pessoal;
- Anexo 2 – Regras do ar;
- Anexo 3 - Serviço meteorológico para a navegação aérea internacional;
- Anexo 4 – Cartas aeronáuticas;
- Anexo 5 – Unidades de medida utilizadas nas operações aéreas e terrestres;
- Anexo 6 – Operações com aeronaves:
 - Parte I – Transporte aéreo comercial internacional – aviões;
 - Parte II – Aviação geral internacional – aviões;
 - Parte III – Operações internacionais – helicóptero;
- Anexo 7 – Marcas de nacionalidade e de matrícula das aeronaves;
- Anexo 8 – Aeronavegabilidade;
- Anexo 9 – Facilitação;
- Anexo 10 – Telecomunicações aeronáuticas:
 - Volume I – Equipamento, sistemas e rádio-frequências;
 - Volume II – Procedimentos de comunicações;
- Anexo 11 – Serviços de tráfego aéreo;
- Anexo 12 – Busca e salvamento;
- Anexo 13 – Investigação de acidentes aéreos;
- Anexo 14 – Aeródromos:
 - Volume I – Aeródromos;
 - Volume II – Heliportos;
- Anexo 15 – Serviços de informação aeronáutica;

- Anexo 16 – Protecção ambiental:
 - Volume I – Ruído de aeronaves;
 - Volume II – Emissão de gases dos motores das aeronaves;
- Anexo 17 – Segurança aérea – Protecção da aviação civil internacional contra os actos ilícitos contra as aeronaves;
- Anexo 18 – Transporte de mercadorias perigosas;
- Anexo 19 – Sistema de Gestão de Segurança Operacional.

Os representantes dos estados membros reúnem-se pelo menos a cada 3 anos, onde é revisto o trabalho da organização e definido as políticas para os próximos anos [42] [43].

1.7.2 IATA

A *International Air Transport Association (IATA)*, ou Associação Internacional de Transporte Aéreo, mais conhecida por (IATA), foi fundada a 19 de abril de 1945, em Havana, Cuba. Actualmente a sua sede é em Montreal, Canadá. A IATA não é uma autoridade, mas sim uma associação de Companhias Aéreas. No entanto, devido ao interesse comum das várias companhias, a IATA produz diversas publicações e regras de forma a harmonizar as políticas operacionais das mesmas. Aquando da sua fundação, a IATA era constituída por 57 membros de 31 nações, principalmente na Europa e América do Norte. Hoje, possui 290 membros de 120 países em todas as partes do mundo [44].

A IATA tem como visão o crescimento futuro do setor do transporte aéreo seguro e sustentável. A sua missão é representar, liderar e servir o setor aéreo [45]. A associação é o principal veículo de cooperação entre as companhias aéreas na promoção dos seus serviços de uma forma segura, protegida, eficiente e económica, de acordo com regras claramente definidas. Ajuda as companhias aéreas, a simplificar os processos e aumentarem a comodidade dos passageiros, reduzindo os custos e melhorando a sua qualidade.

A indústria internacional de transporte aéreo programado aumentou mais de 100 vezes do que em 1945. Poucas indústrias conseguem igualar o dinamismo desse crescimento, que teria sido “muito menos espetacular” sem os padrões, práticas e procedimentos desenvolvidos na IATA.

Hoje em dia, é um participante ativo do *ICAO Safety Management Panel* e esteve envolvida na criação do Anexo 19 do ICAO, bem como nas suas revisões, a última a 7 de Novembro de 2019. Contribui também no *ICAO Safety Management Implementation (SMI) Website* com exemplos, ferramentas e material educacional para todos os provedores de serviços [46].

Com o desenvolvimento do Anexo 19 sobre o Sistema de Gestão de Segurança Operacional e tendo sido a IATA uma das participantes na sua criação, esta associação desenvolveu o Programa de Auditoria de Segurança Operacional da IATA, mais conhecido por *IATA Operational Safety Audit (IOSA)*.

A IOSA é um sistema de avaliação reconhecido e aceite internacionalmente, projetado para avaliar os sistemas de gestão e controlo operacional de uma companhia aérea. Este tipo de auditoria cria

relatórios padronizados e fáceis de compreender pela maioria dos países, deixando de lado auditorias redundantes e reduzindo os custos por parte das companhias aéreas. A IOSA tem como objetivo ser líder na auditoria de *Safety* num mundo livre de acidentes, tendo como pilares principais a segurança operacional, a eficácia e a integridade.

Todas as companhias que pertençam à IATA, são alvo de auditoria IOSA. Em dezembro de 2018, 139 (32%) das 432 companhias aéreas com auditoria IOSA eram companhias aéreas não pertencentes à IATA [47], o que demonstra a confiança e o reconhecimento a nível mundial.

1.7.3 EASA

A agência de safety da aviação da UE, mais conhecida por *European Union Aviation Safety Agency* (EASA) é uma agência da União Europeia criada em 2002, para a segurança da aviação civil. Tem a seu cargo a definição de estratégias de safety, a certificação de produtos em termos aeronáuticos e a supervisão dos Estados Membros e Organizações em termos de implementação das regras de safety. As exigências para a criação de um novo sistema regulatório na UE são elevadas e seria evidentemente impossível criar um novo sistema da noite para o dia. A EASA aproveitou o já criado sistema da, *Joint Aviation Authorities* (JAA), que cessou atividade em 30 de junho de 2009, como base de início para o seu trabalho futuro. A pouco e pouco foram alterando as medidas criadas pela JAA adaptando aos seus ideais [48].

A EASA foi criada em 2002 mas apenas iniciou a sua atividade em 2003. A sua missão passa por promover os mais altos padrões comuns de segurança e proteção ambiental na aviação civil. Pretende também assegurar o máximo nível de safety para os habitantes da UE, executa processos de certificação e cria uma regulamentação única entre os Estados membros, facilita o mercado interno da aviação e cria condições de igualdade, trabalha com outras organizações e entidades reguladoras da aviação internacional. Todos os anos a EASA desenvolve o Plano Europeu de Segurança Operacional da Aviação, mais conhecido por EPAS, concebido para um período de 4 anos. Baseia-se numa abordagem proactiva para apoiar o crescimento futuro da aviação, garantindo os ideais com os quais a EASA se compromete [18].

A abordagem proactiva permite que a Comissão Europeia (CE), a EASA e os Estados-Membros adotem as ações necessárias no momento certo, a fim de minimizar os riscos e enfrentar os desafios impostos pela crescente complexidade e crescimento contínuo da aviação civil, bem como garantir a implementação segura e protegida do meio ambiente de novos modelos de negócios e novas tecnologias.

1.7.4 ANAC

O desenvolvimento da aviação civil no pós-guerra criou novas necessidades a nível mundial. Passou a ser preciso construir novos e maiores aeroportos tanto em Portugal Continental, como nos territórios de jurisdição portuguesa. Em 15 de Maio de 1998, foi criado o Instituto Nacional de Aviação Civil (INAC), que assume as funções da antiga Direção-Geral da Aviação Civil. O Instituto Nacional de

Aviação Civil (INAC) foi sofrendo alterações no nome e a 16 de março de 2015 passa a ser denominado de Autoridade Nacional da Aviação Civil (ANAC), publicada na mesma data Estatutos específicos em Diário de República [49].

A ANAC exerce funções de regulação, fiscalização e supervisão do setor da aviação civil e rege-se de acordo com o disposto no direito internacional e europeu, representa também a EASA a nível nacional. Na prossecução das suas atribuições, cabe à ANAC licenciar, certificar, autorizar e homologar as atividades e os procedimentos, as entidades, o pessoal, as aeronaves, as infra-estruturas, equipamentos, sistemas e demais meios afectos à aviação civil, bem como definir os requisitos e pressupostos técnicos subjacentes à emissão dos respetivos atos [50].

Capítulo 2

Safety Management System - SMS

Uma operação livre de riscos é impossível, uma vez que não se consegue garantir que uma operação executada por humanos ou sistemas por estes criados estejam isentos de erros. O grande objetivo dos fornecedores de serviço na aviação é a mitigação dos riscos atingindo um nível aceitável, *Acceptable Level of Safety* (ALoS).

Ao longo deste capítulo faz-se uma introdução histórica do SMS, apresentam-se as suas bases e faz-se o seu enquadramento na Portugália Airlines.

2.1 Evolução Temporal de *Safety*

Desde o início da aviação até aos dias de hoje os aviões, os aviônicos e os sistemas ligados à aviação têm vindo a ser melhorados, possibilitando o estudo e desenvolvimento contínuo e a que os programas de SMS evoluam na direção das necessidades.

A segurança na aviação pode ser dividida em quatro eras, representadas na figura 2.1, devido às alterações significativas que tem sofrido, aos melhoramentos nos sistemas da aviação levando à alteração das principais preocupações e à diminuição da taxa de acidentes.

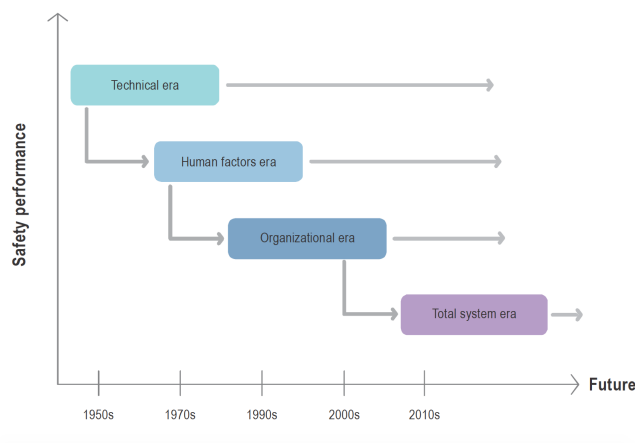


Figura 2.1: Evolução das Eras do *Safety* adaptado de [14].

The technical era (1900 a 1960) – no início da aviação comercial, o aumento do número de voos, levou a um crescente número de acidentes, que se deviam principalmente a falhas técnicas. A evolução tecnológica, a implementação de normas de segurança e a supervisão do cumprimento das mesmas levou à diminuição dos acidentes.

The human factors era (1970 a 1990) – a taxa de acidentes tinha vindo a diminuir devido à evolução da tecnologia e às melhorias na regulamentação de *safety*. Os fatores humanos continuavam a ser a origem principal dos acidentes e pela primeira vez é considerado que os indivíduos operam num ambiente complexo, que inclui múltiplos fatores com potencial para afetar o comportamento humano e a capacidade de decisão.

The organizational era (1990 ao 2000) – O *safety* começou a abranger fatores organizacionais para além de fatores humanos e técnicos. Introduziu-se a noção de *organizational accident* considerando o impacto da organização, interna ou externa, no controlo dos riscos de *safety*. A aquisição e a análise de dados de voo passaram a ser complementadas com uma nova abordagem proactiva à segurança, usando metodologias reativas e proactivas para monitorizar os riscos conhecidos e detetar problemas emergentes de segurança.

Total System (2000 ao presente) – Com o aumento do número de voos, desde o início do século XXI, tanto as agências de segurança como as organizações, obrigatória ou voluntariamente, implementaram abordagens importantes de *safety* e evoluíram a um nível elevado de maturidade em termos de segurança. O início da implementação do SMS e dos *Safety State Program* (SSP) com direção para a aquisição e análise de dados de voo incluem a identificação dos vários perigos e riscos de *safety*, levando a estratégias e a metodologias proactivas, a um esforço de mitigação dos riscos e se possível à sua eliminação [14].

Observando a era atual, onde o nível de *safety* passou a ser requisito dos próprios clientes, existe o dilema geral sobre quanto apostar na produção/lucro *versus safety*. O lucro e a competitividade no mercado mantém a empresa a funcionar, a segurança impede que existam acidentes/incidentes, mas para a garantir existe um contrabalanço entre os custos financeiros e o valor de tempo investido [51], tal como se pode observar na figura 2.2.

The Management Dilemma

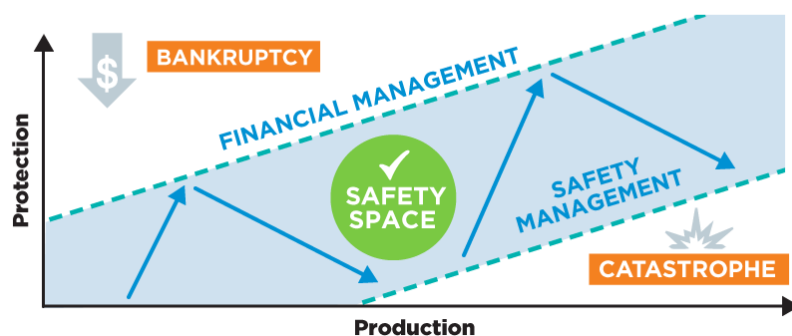


Figura 2.2: Dilema de *Safety* adaptado de [51].

Em 2013, com o lançamento do Anexo 19 do ICAO [10], passou a ser obrigatório que todos os estados-membros estabeleçam um *Safety State Program* (SSP) e recomenda a formulação do seu próprio SMS. Um sistema eficaz de SMS utiliza métodos de gestão de risco e qualidade para atingir os objetivos de *safety* sendo uma abordagem sistemática para geri-lo. O SMS fornece a estrutura organizacional para estabelecer e promover o desenvolvimento de uma cultura de *safety* corporativa positiva, fornecendo ferramentas para cumprir as responsabilidades, conforme definido pelo regulador.

Atualmente, a ICAO exige a implementação formal do sistema de SMS pelos prestadores de serviços de aviação e como base para a sua implementação disponibiliza o Documento 9859, *Safety Management Manual*. Atualizado pela última vez em 2018 [14] e escrito com base no anexo 19 da Convenção de Chicago da ICAO [10], é redigido para ter uma leitura e interpretação simples, sendo da responsabilidade de cada organização a sua leitura e implementação.

2.2 Os 4 pilares do SMS

O programa de SMS da aviação é um conjunto de processos e ferramentas de gestão de *safety* na aviação. Processos esses que estão descritos no DOC 9859 da ICAO [14] e organizados nos quatro pilares do SMS como representado na figura 2.3.



Figura 2.3: Os quatro pilares do *Safety* adaptado de [51].

Atendendo à complexidade e à extensão dos quatro pilares, a responsabilidade para com o *safety* encontra-se dividida pelas várias áreas da empresa, diminuindo as hipóteses de todas as barreiras falharem aquando de uma situação.

James Reason apresenta a imagem de um queijo suíço onde compara sistemas máquina-homem a fatias de queijo suíço, paralelamente dispostas umas às outras e com furos aleatórios, comparando-as a barreiras de segurança e os furos a fraquezas, para explicar a ocorrência de falhas no sistema. Pela aleatoriedade dos furos, o risco de uma ameaça se tornar realidade é atenuado pelas diferentes camadas e tipos de defesas alinhadas lateralmente, tal como se pode verificar na figura 2.4. Em teoria, lapsos e fraquezas numa defesa não permitem que um risco se materialize, já que outras defesas também existem, para impedir um único ponto de fraqueza[52].

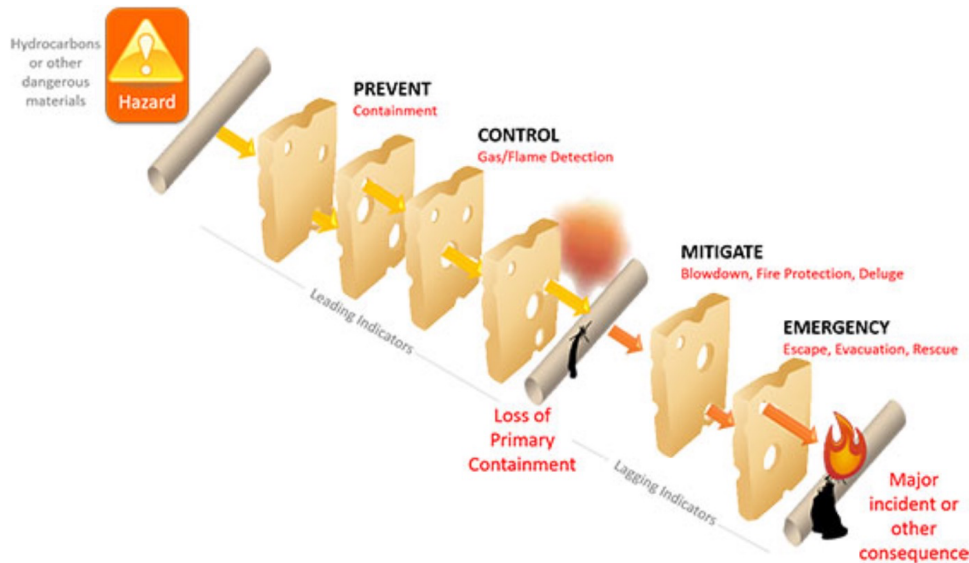


Figura 2.4: Modelo de Queijo Suíço proposto por James Reason adaptado de [53].

Cada um destes componentes ou pilares encontram-se divididos, existindo ainda um aspeto intangível, mas sempre crítico, a cultura de *safety*.

2.2.1 Safety Policy and Objectives

Considera-se a política de *safety* a base do SMS de uma operadora ou prestadora de serviços de aviação, antes da implementação de um SMS é necessário definir o valor de *safety* na estrutura económica e organizacional.

Segundo o DOC 9859 da ICAO [14], o compromisso da gestão de *safety* por parte da organização deve ser formalmente expresso numa declaração de Política de Segurança, que refletirá a gestão do mesmo na organização. O primeiro pilar divide-se em quatro elementos: compromisso de gestão, responsabilidades de *safety*, nomeação de pessoal qualificado, capaz de garantir a segurança da operação, e documentação SMS. A gestão da organização deve-se comprometer com o *safety* para que o SMS funcione corretamente, de forma a que cada funcionário seja responsável pelas suas funções.

Para que os relatórios de incidentes e acidentes tragam valor acrescentado à organização, é necessário seguir uma política de proteção de dados e informações de *safety*. Os relatórios devem ser confidenciais e as análises de *safety* não devem ter a necessidade de envolver pessoas ou prestadores de serviços específicos, capítulo 7 do DOC 9859 da ICAO [14].

O *Accountable Manager*, normalmente o CEO, é o último responsável pelo SMS e pela operação segura da organização. Tem o apoio do *Safety Manager* que se responsabiliza pela implementação, manutenção e actualização do SMS. O *Safety Manager* é um órgão consultivo do *Accountable Manager* e de todos os responsáveis pelas diversas áreas da organização. É também responsável por coordenar e comunicar os problemas de segurança interna e externa na comunidade da aviação.

O *Safety Manager* encontra-se uma linha acima da restante organização, tal como se pode observar na figura 2.5, significando que não é operacional. Não necessita de ser uma figura individual, dependendo do tamanho da operação, pode ter uma equipa dedicada que o suporte [19].

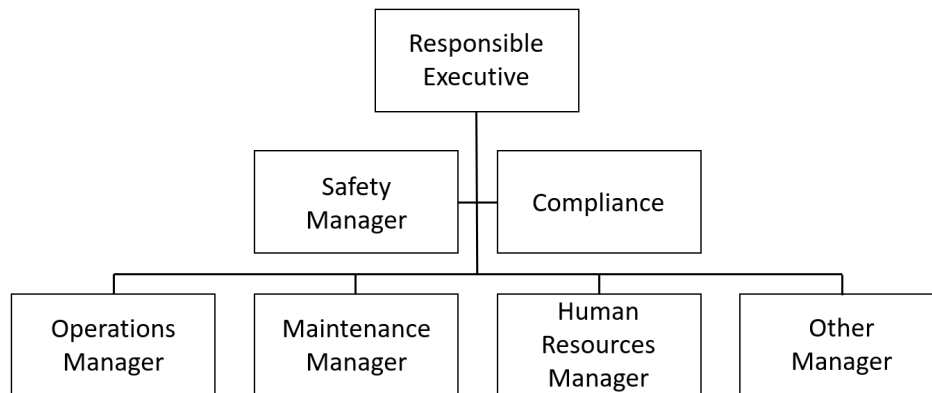


Figura 2.5: Estrutura em árvore da posição do *safety manager* na organização da empresa adaptado de [19].

2.2.2 Safety Risk Management

A gestão de riscos de segurança é a componente chave do *safety management* e concentra-se na identificação, na análise e eliminação ou mitigação de riscos a um nível aceitável.

Na aviação, segundo o DOC 9859 da ICAO [14] e a ANAC [54], um perigo pode ser uma situação ou um objeto com potencial suscetível de causar ferimentos ou incapacidades a pessoas, morte, danos a equipamentos ou estruturas e perdas materiais. A identificação dos perigos, *hazard identification*, é o primeiro passo do processo de *Safety Risk Management* (SRM) e devem-se compreender de forma clara os perigos e quais as suas consequências. Nem sempre é simples identificar a origem do perigo, e muitas vezes os perigos são confundidos com as próprias consequências.

A documentação encontra-se fortemente ligada com o SRM e esta deve ter uma abordagem estruturada e ações sistemáticas destinadas a alcançar o equilíbrio entre o perigo identificado, avaliado e a mitigação de risco praticável. Requer processos coerentes e consistentes de análise objetiva, em particular para avaliar os riscos operacionais.

Existem três principais metodologias para identificar perigos, cada uma delas representa um nível de segurança diferente, tal como se pode verificar na figura 2.6:

1. Reativa: identificação através dos *Mandatory Occurrence Report* (MOR), da investigação de ocorrências de segurança ou relatórios de incidentes e acidentes passados. Estes indicam os erros do sistema e, portanto, podem ser utilizados para determinar quais os perigos que contribuíram para o evento.
2. Proativa: análise de dados de voo, relatórios, inspeções, entrevistas e fontes externas. Nos dados de voo são procurados eventos de menor consequência e é analisada a frequência das

ocorrências para determinar se os perigos podem levar a um incidente ou acidente. Esta é a metodologia que hoje em dia se tenta implementar.

3. Preditiva: análises preditivas, tais como, modelos estatísticos ou extrapolação para identificar e mitigar riscos antes que estes sejam evidentes. Este método caracteriza um sistema de SMS muito desenvolvido.

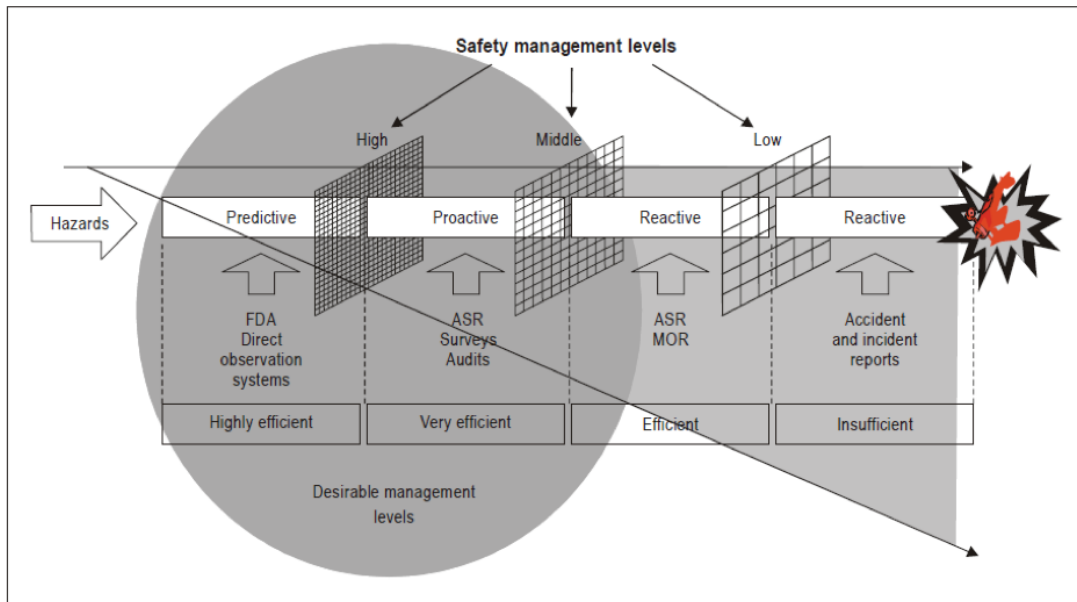


Figura 2.6: Componentes Preditiva, Proativa and Reativa do SMS adaptado de [16]

A identificação dos perigos pode ter diversas fontes de informação tal como representado na figura 2.7.

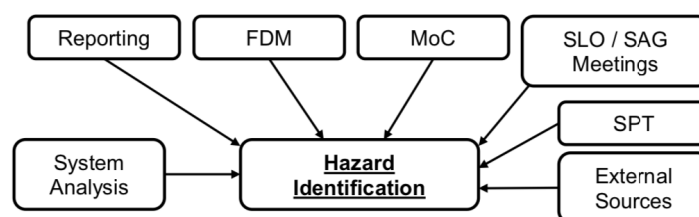


Figura 2.7: Fontes de Identificação de Risco adaptado de [21].

Análise do Sistema

Os sistemas existentes das empresas (políticas, procedimentos, operações, etc.) foram concebidos e comprovado os que são seguros no início da atividade das mesmas. Uma organização complexa, possui detalhes de sistemas básicos e procedimentos organizacionais abordados em exposições relevantes ou manuais administrativos, como o Manual de Operações, por exemplo. A identificação de perigos começa com a análise desses mesmos sistemas e exposições.

Management of Change (MoC)

Aquando de uma alteração interna ou externa que possa afetar os processos e serviços, deve-se realizar um estudo para a gestão do risco (avaliação de perigos e riscos), ao qual denominamos de MoC.

Reuniões Safety Line Officers (SLO) / Safety Action Group (SAG)

A comunicação e a análise de problemas de *safety* potenciais ou existentes pode exigir a ajuda de um agente responsável pela ponte entre o Departamento de *Safety* e os outros departamentos. Um SLO é um membro experiente de cada departamento da empresa com capacidade para identificar perigos, analisar riscos e compor processos de mitigação. Esta contribuição considera-se a fonte de identificação de perigos mais eficaz. Se for considerado necessário, ou se o *Safety Manager* e os SLOs precisarem de assistência adicional com a análise de segurança, pode ser convocada uma reunião SAG.

Safety Performance Target (SPT)

Uma análise de *safety* deve ser realizada se algum SPT da empresa for ultrapassado. Uma violação de um SPT pode estar relacionada a um perigo potencial ou oculto que deve ser identificado, registrado e avaliado. Elementos de SLOs e SAG podem estar envolvidos neste processo, a critério do *Safety Manager*.

Fontes Externas

Fontes externas de informação podem ser considerados desde as organizações, como a IATA, a parceiros da indústria, como a *Rolls-Royce*, a *Embraer* ou a *Airbus*. As inspeções SAFA/SACA executadas pela EASA podem ser incluídas nas fontes externas.

Comunicação de Ocorrências

Um sistema de reporte objetivo e congruente é a ferramenta de segurança mais viável para a identificação de perigos do SMS. Estes podem ser obrigatórios ou voluntários e através destes pode-se conseguir identificar e mitigar situações ou condições com potencial de colocar em risco a operação.

As ocorrências relevantes da aviação civil devem ser relatadas, recolhidas, armazenadas, protegidas, trocadas, disseminadas e analisadas, e as ações de segurança apropriadas devem ser tomadas com base nas informações recolhidas.

Sistema de FDM

O FDM é um componente tático de um SMS estratégico. Por meio da recolha e análise de dados de voo de rotina, a organização pode monitorizar e obter maior percepção do ambiente total das operações

de voo, fornecendo portanto, informações adicionais para aumentar os níveis de *safety*. A análise completa de eventos de FDM pode ser uma ferramenta poderosa e útil para identificar regularmente perigos específicos.

Avaliação de Riscos

Na avaliação do risco, *Risk assessment*, os riscos são avaliados em dois termos, probabilidade de acontecer e severidade, o impacto na segurança da aeronave, dos seus ocupantes ou outros danos que possa causar. Se o risco for considerado aceitável, a operação continuará sem nenhuma intervenção, caso contrário, o processo de mitigação de riscos será iniciado.

Para realizar uma avaliação de risco, no caso da Portugália serão traçados os resultados de cada risco analisado na Matriz de Avaliação de Riscos na tabela 2.1, realizado por pessoal com formação específica. A localização do risco na matriz determinará a prioridade das ações corretivas.

Tabela 2.1: Matriz de Risco da Portugália Airlines adaptado de [19].

RISK PROBABILITY	RISK SEVERITY				
	NEGLIGIBLE (1)	MINOR (2)	MAJOR (3)	HAZARDOUS (4)	CATASTROPHIC (5)
EXTREMELY IMPROBABLE (1)	1	2	3	4	5
IMPROBABLE (2)	2	4	6	8	10
REMOTE (3)	3	6	9	12	15
OCCASIONAL (4)	4	8	12	16	20
FREQUENT (5)	5	10	15	20	25

O índice da análise de risco é dividido no seguinte intervalo de valores, de acordo com a Severidade e a Probabilidade, conhecida como matriz de tolerabilidade, como se pode visualizar na tabela 2.2.

Tabela 2.2: Matriz de Tolerância da Portugália Airlines adaptado de [19].

Suggested criteria	Assessment Risk Index (RI)	Suggested criteria	Level of acceptance
Unacceptable region	$RI > 16$	Unacceptable under the existing circumstances.	Accountable manager or Executive Board
Acceptable with mitigation region	$12 \leq RI \leq 16$	Perform, or review, risk mitigation as necessary.	Safety Department and Departmental approval of risk
Acceptable with recommendation region	$6 < RI < 12$	Acceptable with monitorization and if necessary recommendation. Mitigation is optional.	Safety Department and Departmental approval of risk
Acceptable	$1 \leq RI \leq 6$	Acceptable, however, risk mitigation or review is optional.	Safety Department

Se o risco for considerado inaceitável será necessário a mitigação do mesmo, *Risk mitigation*, serão tomadas medidas de controlo para fortalecer e aumentar as barreiras contra esse risco ou para evitar ou eliminar o risco, caso seja economicamente viável.

2.2.3 Safety Assurance

O ponto 3.1.1 do apêndice 2 do anexo 19 da ICAO [10], exige que sejam desenvolvidos e mantidos meios de verificação do desempenho de *safety* da organização e verificar a eficácia dos controles dos riscos.

O *Safety Assurance* faz parte dos quatro pilares para cumprir com o requisito acima apresentado, consistindo em processos e atividades para determinar se o SMS está a operar conforme as expectativas e os requisitos. A informação de entrada para o *Safety Risk Management* (SRM) é obtida através da monitorização constante e contínua dos processos e da operação, encontrando os desvios posteriormente analisados no mesmo .

Deve ser incluído neste pilar o desenvolvimento e implementação de ações tomadas em resposta a qualquer problema identificado com um potencial impacto na segurança. Essas ações melhoram continuamente o desempenho do SMS dos provedores de serviços.

Divide-se o *Safety Assurance* em três pontos: monitorização e medição do desempenho de segurança, gestão da mudança, *Management of Change* (MoC), e a melhoria contínua do SMS.

A monitorização e medição do desempenho de *safety* ou *Safety Performance Monitoring and Measurement* consiste em meios que devem ser desenvolvidos e implementados para verificar se o desempenho de segurança da organização está em conformidade com a política e os objetivos para assim validar a eficácia do SRM. A efetividade das medidas, procedimentos e processos pode ser verificada na operação através do FDM. As auditorias internas avaliam a eficácia do SMS e identificam as áreas a melhorar, estas devem-se focar nas políticas, processos e procedimentos que fornecem os controles de risco à segurança.

Os MoCs devem garantir que o desempenho de segurança exigido seja alcançado, reduzindo ou eliminando os riscos de *safety* resultantes das mudanças na organização, na prestação de serviços ou na operação.

A melhoria contínua do SMS deve ser desenvolvida e mantida como um processo formal que permita identificar e eliminar as causas do desempenho abaixo do padrão do SMS e determinar as implicações na operação.

2.2.4 Safety Promotion

A promoção de *safety* incentiva uma cultura de segurança positiva e ajuda a alcançar os objetivos traçados através da combinação de meios, processos e procedimentos utilizados para desenvolver, sustentar e melhorar o *safety* na aviação através da consciencialização e mudança de comportamentos.

Segundo o anexo 19 da ICAO [10] é obrigatório o desenvolvimento e a manutenção de um programa de treino de *safety*, que assegure a formação de todos os funcionários para garantir a competência no desenvolvimento das suas funções de SMS [14]. Na figura 2.8 pode-se visualizar um exemplo da formação por parte da Portugália Airlines.

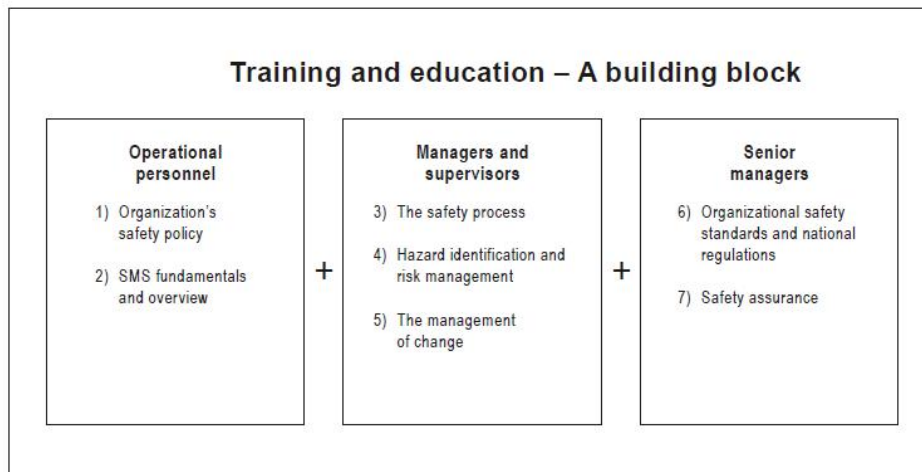


Figura 2.8: Treino necessário por áreas adaptado de [19].

A comunicação é das ferramentas mais importantes para a eficácia do SMS, baseia-se na troca de informações de *safety*, como por exemplo, por meio de voz ou escrita aumentando uma vez mais a consciencialização e a compreensão do mesmo, mantendo todos informados e envolvidos nos resultados. Não devem existir barreiras na comunicação, a própria comunicação e o feedback oportuno incentivam o reporte voluntário de perigos e incidentes. Com uma comunicação bidirecional, aberta e de fluxo livre há o incentivo para que todos façam perguntas, sugestões ou comentários permitindo que todos entendam corretamente a mensagem.

Capítulo 3

Safety Performance

Os requisitos regulamentares relacionados com a gestão de *safety* e a implementação do SMS exigem que os prestadores de serviços de aviação desenvolvam e mantenham os meios para verificar o desempenho do mesmo na organização [10]. Na maioria das áreas da indústria, as métricas de *safety* concentram-se nos incidentes graves e nos acidentes devido ao facto destes serem a grande fonte de dados adquiridos na investigação. Na aviação esta questão torna-se ainda mais complicada, por ser um sistema altamente dinâmico e complexo, com inúmeros intervenientes, interações e dependências que influenciam os resultados finais. A análise de dados deve ser criteriosa e cuidada e existem diversos fatores que podem deturpar a realidade. A frequência reduzida de eventos com consequências negativas elevadas, levando à perceção errada do estado do *safety* no sistema.

Por exemplo, se existirem apenas 2 voos para um aeroporto, e num deles existir um evento, a probabilidade deste ocorrer é de 50%, não deixa de ser uma realidade, mas os resultados obtidos devem ser visualizados com sentido crítico e deve existir um grande número de dados para se proceder ao estudo de tendências.

Chega-se assim à ideia de que *safety* é mais do que a ausência de risco, torna-se na necessidade de medidas sistémicas específicas de segurança para que em todos os momentos se consiga lidar com os riscos conhecidos, estando bem preparado para o aparecimento de novos riscos e ainda abordar a "erosão" natural dos agentes mitigadores de risco ao longo do tempo.

As medidas devem concentrar-se nos recursos do sistema que tenham como finalidade a garantia dos níveis de *safety* da operação, controlos e barreiras de segurança específicos para riscos conhecidos. Devem focar-se também em como os fatores externos os podem influenciar ou como estes se influenciam mutuamente. Os princípios acima são válidos tanto da perspetiva de um regulador quanto da perspetiva de um prestador de serviços, e em todos os casos, a natureza dinâmica do sistema, os componentes operacionais e externos do desempenho em segurança devem ser considerados.

Esta abordagem é alinhada com as práticas atuais da indústria na área da gestão da qualidade, promovidas pelas normas da série *International Organization for Standardization (ISO) 9000* [55], se os resultados finais não se conseguem medir diretamente, os sistemas e processos subjacentes requerem validação.

3.1 Importância da medição do desempenho de *safety*

A monitorização e a medição do desempenho de *safety* permitem manter seu nível em valores aceitáveis (ALoS) numa organização durante a prestação de serviços, ou seja, pode ser uma fonte importante de informações para medir o funcionamento eficaz dos componentes do SMS. O desempenho da segurança deve ser verificado com referência às políticas de *safety* e aos objetivos traçados, ou seja, as metas de desempenho de segurança que se pretendem atingir, não ultrapassam os *Safety Performance Targets* (SPTs).

Em vez de selecionar resultados aleatoriamente fáceis de medir, deve-se selecionar indicadores de desempenho de segurança, SPIs, que sejam capazes de fornecer informação que garanta que os recursos da empresa possam ser adequadamente avaliados e aprimorados. O que implica que será preciso medir o desempenho em todos os níveis da organização, adotando um amplo conjunto de indicadores envolvendo aspectos-chave do sistema, e das operações executando as medições desses mesmos aspectos de formas diferentes, garantindo assim resultados corretos.

Através da identificação dos SPIs, as tendências devem ser analisadas e, conseqüentemente, as ações corretivas devem ser identificadas após a detecção de qualquer deterioração dos níveis de *safety* especificados. As informações obtidas permitirão que a administração esteja ciente da situação atual e apoie a tomada de decisões, a fim de garantir que a organização atinja os seus objetivos de segurança.

Tal como referido em 3.1, segundo o anexo 19 da ICAO [10] passou a ser obrigatório que todos os estados-membros estabeleçam um sistema de SSPs. O Estado Português através da ANAC implementa este sistema como forma de monitorizar os indicadores dos operadores aéreos.

A colaboração entre o estado e as diversas empresas de aviação torna-se ambicionável porque a percepção dos riscos à segurança e sua tolerabilidade pode variar entre organizações. A partilha de ideias e dos programas de SMS, através do estabelecimento e monitoramento de SPIs, incentiva a conscientização mútua dos riscos. No entanto, os provedores de serviços devem garantir que os seus SPIs sejam adequados ao seu contexto operacional, histórico de desempenho e expectativas. Cria-se assim uma oportunidade para a transferência de conhecimentos e práticas de trabalho que podem melhorar a eficácia do *safety* de ambas as organizações.

O SMS requer uma abordagem sistémica como qualquer outro elemento de gestão de negócios (por exemplo, qualidade, finanças e manutenção) e, nesse aspeto, a medição do desempenho de segurança fornece um elemento essencial para a gestão e controlo eficaz: *feedback*.

O processo genérico de gestão do desempenho de *safety* e como se encontra vinculado aos sistemas de recolha e processamento de dados de segurança, *Safety Data Collection and Processing Systems*, (SDCPS) e análise do mesmo é mostrado na figura 3.1. A relação com a promoção de *safety* é mostrada para destacar a importância de comunicar as informações a toda a organização.

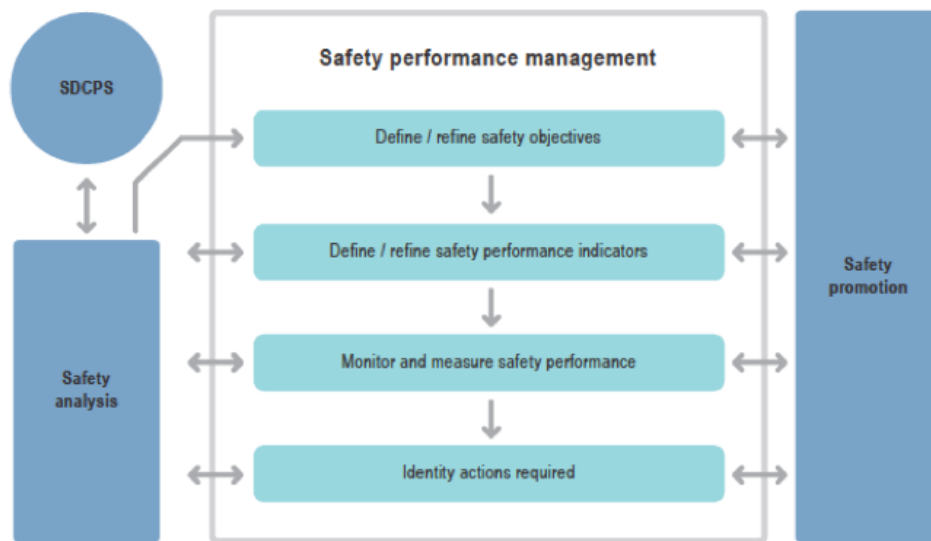


Figura 3.1: Processo genérico de gestão do desempenho de segurança interligado com os sistemas de recolha e processamento de dados adaptado de [14].

A gestão do desempenho de *safety* ajuda a organização, através da informação recolhida nas diferentes fontes, a responder a quatro questões essenciais:

- Quais são os principais riscos de *safety* da organização?
- Quais os objetivos em termos de *safety* e quais são os principais riscos que precisam ser abordados?
- Qual a direção que está a ser seguida, será a dos objetivos de *safety*?
- Quais são os dados e as informações de *safety* necessários para tomar decisões baseadas na informação por estes demonstrada?

3.2 Tipos de indicadores de desempenho de safety

Como referido anteriormente, os SPIs permitem que o *accountable manager* esteja ciente da situação atual da empresa, permitindo saber se esta se encontra dentro dos indicadores esperados, e caso seja necessário alguma reformulação, estes auxiliarem na tomada de decisões.

Os SPIs podem ser quantitativos, referindo-se à medição pela quantidade, ou podem ser qualitativos quando medem a qualidade. Os indicadores quantitativos são os preferenciais por serem mais facilmente estudados e comparados. A escolha do indicador depende da disponibilidade de dados confiáveis que possam ser medidos.

Os indicadores quantitativos podem ser expressos como um número (X incidentes) ou como uma taxa (X incidentes por N movimentos). Em alguns casos, uma expressão numérica será suficiente. No

entanto, apenas o uso de números pode criar uma impressão distorcida da situação real de segurança.

Por esse motivo, quando apropriado, os SPIs devem ser refletidos em termos de uma taxa relativa para medir o nível de desempenho, independentemente do nível de atividade, fornecendo uma medida normalizada, mais precisa e valiosa, que utiliza como base o número de incidentes por 1.000 movimentos, possibilitando o estudo das tendências da operação como comparação.

Os dois tipos mais comuns de SPIs são os *Lagging indicators* e os *Leading indicators*.

3.2.1 *Lagging Indicators*

Os *lagging indicators* medem eventos que já ocorreram, são chamados de "SPIs baseados nos resultados", sendo normalmente a representação dos resultados negativos que a organização pretende evitar. Através deste tipo de indicador é possível conhecer o histórico do desempenho de *safety*, um pré-requisito, para identificar as causas subjacentes e os principais indicadores para a implementação do SMS na aviação.

Os dados de SMS têm o potencial de oferecer valor para a maioria das áreas das operações, devendo estes serem geridos pelo Departamento de *Safety* mas em conjunto com as diversas áreas operacionais. Os *lagging indicators* respondem ao quanto a empresa está a ter sucesso na implementação do SMS, mas não necessariamente a razão por esse desempenho. É por esse motivo que estes indicadores são fáceis de medir mas, por vezes, difíceis de melhorar. Estes podem ser divididos em dois tipos:

- Baixa probabilidade/alta gravidade: resultados como acidentes ou incidentes graves. A baixa frequência de resultados de alta gravidade significa que a agregação de dados (no nível do segmento da indústria ou no nível regional) pode resultar em análises mais significativas. Um exemplo desse tipo de Lagging SPI seria "danos no motor/aeronave causados por pássaros";
- Alta probabilidade/baixa gravidade: resultados que não se traduzem necessariamente num acidente ou incidente grave, indicadores precursores. São utilizados principalmente para monitorizar problemas de *safety* específicos e medir a eficácia das atenuações de riscos de segurança existentes. Um exemplo desse tipo de SPI precursor seria "Detecção de radar de pássaros", que indica o nível de atividade das aves e não a quantidade real de colisões com pássaros.

O estudo não se deve basear nos eventos com "baixa probabilidade/alta gravidade", pois ao não serem muito frequentes dificultam a análise estatística de tendências, e a não existência deste tipo de eventos não significa que o sistema é seguro. Este tipo de dados pode dar uma falsa sensação potencial de confiança de que o desempenho de *safety* de uma organização ou sistema é eficaz, quando na verdade pode estar próximo de um acidente.

Alguns exemplos dos SPIs mais utilizados na aviação que envolvem *lagging indicators* são:

Incidentes Recorrentes

Consideram-se eventos recorrentes aqueles que acontecem mais do que uma vez, independentes mas com a mesma classificação de perigo, a mesma *Root Cause* e os mesmos riscos, podendo ocorrer ou não no mesmo local. São uma maneira extremamente eficaz de validar a eficácia de gestão dos riscos existentes.

Número de problemas de *safety* relatados por mês

A monitorização do número de relatórios de *safety* mensalmente tem como objetivos:

- Avaliar a cultura de reporte de *safety*;
- Identificar tendências trimestrais de eventos de *safety*;

Através destas medidas o Departamento de *Safety* consegue monitorizar a evolução esperada no sentido da diminuição do número de reportes. Caso se verifique uma tendência crescente de risco, devem ser tomadas as seguintes medidas:

- Revisão da política de *safety* e da política voluntária de comunicação de ocorrências, incluindo a confidencialidade;
- Pesquisa contínua de novos eventos que causem preocupação e que não sejam relatados. Avaliar o sistema de treino/formação;
- Análise das atividades de promoção de *safety*, uma vez que o não recordar do SMS pode levar ao esquecimento. Aumentar a frequência das medidas de promoção do SMS.

As 3 principais categorias de perigo

A categorização do risco desempenha um papel importante na compreensão dos tipos de problemas de *safety* dos quais o SMS está exposto no ambiente operacional.

No SMS [14] os perigos identificados são registados numa lista organizada de riscos operacionais. Como existem vários perigos que podem afetar a operação da empresa, torna-se necessário a existência de uma estratégia eficiente para segmentar os perigos de forma lógica, levando assim à categorização dos mesmos, como por exemplo:

- Perigos ambientais;
- Perigos das operações de voo;
- Perigos das operações de terra;

A monitorização das principais categorias de risco significa simplesmente manter um registo constante das categorias de perigo, pois os problemas de *safety* são classificados no processo de gestão de riscos.

As 3 causas principais

A compreensão de quais as causas principais, em inglês mais conhecido por *root causes*, mais contributivas para os eventos de *safety* ajuda a identificar as razões e a reorganizar os esforços. Tal como as categorias de perigos, estas são associadas a problemas de segurança durante o processo de gestão de riscos, determinadas durante a fase de investigação. Uma análise típica da causa principal deve passar pelas seguintes áreas:

- *Management Responsibility*: organização ou pessoa que determina o curso da ação de um processo, quem é o proprietário e quem é responsável pela qualidade do processo;
- *Procedures*: Métodos documentados ou prescritos para a realização de processos;
- *Risk Controls*: verificações ou restrições projetadas num processo para garantir que o resultado desejado seja alcançado;
- *Process Management*: medidas ou avaliações de informações para identificar, analisar e documentar possíveis problemas num processo;
- *Interfaces*: Interações entre processos independentes.

Através da identificação das causas principais, torna-se possível analisar tendências e criar ligações entre estas e os eventos, de forma a que as estratégias de mitigação tenham maior eficácia.

Procedimentos/políticas envolvidos nas questões

As políticas e os procedimentos ajudam a orientar os colaboradores a seguir uma conduta segura e oferecem aos gestores a garantia de que as operações serão executadas conforme prescrito. Podendo ser consideradas como controlo de risco para mitigar o mesmo a aceitável. A associação de políticas e procedimentos específicos a problemas de *safety* reportados é uma forma de monitorização contínua do SMS. Esta associação, quando possível, ocorrerá durante a fase de investigação aquando da classificação do problema. Nas bases de dados do SMS os problemas de *safety* podem aparecer classificados por:

- Tipo de problema;
- Perigos associados;
- Localização geográfica;
- Códigos ATA;
- Root Cause;
- Factores Humanos;
- Factores Ambientais, entre outros.

Ao classificar os problemas de *safety* de acordo com as políticas e procedimentos afetados, faz sentido que pelo menos dois níveis de classificação:

- Categoria, política ou procedimento;
- Item específico;

Número de reportes por área operacional

Quando é possível a separação dos reportes por áreas operacionais e se estes forem devidamente filtrados consoante o seu impacto para a organização, os esforços podem ser concentrados nas principais áreas de treino, na identificação de perigos e na promoção de *safety*. Alguns possíveis intervenientes são:

- Pilotos;
- Tripulação da cabine;
- Chefes de departamento operacional;
- Técnicos de manutenção de aviação;

A implementação completa do SMS e o desempenho contínuo do sistema exigirão a participação de todos os níveis da organização, ou seja, de todos os funcionários, sendo este um ótimo indicador para o efeito.

Número de reportes por localização

Em semelhança aos problemas reportados por área operacional, também se torna necessário saber onde os problemas acontecem. Uma prática recomendada é recolher os dados de localização durante o processo inicial do reporte de *safety*, se possível. Aquando de eventos de FDM a localização pode ser retirada automaticamente pelos programas de análise de dados. Em alternativa, a associação pode ser feita durante a etapa de classificação do problema. Para todos os casos existem três etapas de classificação:

1. Área geográfica;
2. Departamentos ou locais nessa área geográfica (terminal, hangares, etc.);
3. Áreas físicas distintas nos departamentos/locais;

As camadas de classificação são criadas pelas empresas e podem ter mais ou menos níveis, dependendo da complexidade da organização.

3.2.2 Leading Indicators

Os *leading indicators* envolvem medições como os *inputs* dos programas estando normalmente associados à gestão proativa dos riscos. Também conhecidos como "SPIs de atividade ou processo", por monitorizar e medirem as condições com potencial para se tornar ou contribuir para um resultado específico. Os principais indicadores identificam:

- Entradas dos programas;
- Precursores no desempenho futuro;
- Fraquezas organizacionais, como má cultura de segurança ou resistência à mudança;
- Causas subjacentes ao desempenho da *safety*;

São capazes de fornecer informação sobre como a operação lida com as mudanças. O foco será antecipar fraquezas e vulnerabilidades como resultado da mudança ou monitorizar o desempenho após uma mudança. Exemplos de SPIs que impulsionam o desenvolvimento de recursos organizacionais para a gestão proativa de desempenho de segurança incluem aspetos como "percentagem de funcionários que concluíram com êxito a formação de *safety* a tempo" ou "frequência de processos para mitigar a presença de pássaros nas áreas próximas dos aeroportos".

Alguns exemplos dos SPIs mais utilizados na aviação que envolvem *leading indicators* são:

Percentagem de colaboradores com acesso a formação de *safety* no idioma nativo

O treino e a formação de *safety* na aviação é essencial na construção de habilidades e confiança exigidas pelo SMS. Muitos dos colaboradores falam inglês como segunda língua e podem não compreender parte ou totalidade da formação de *safety*.

Frequência de reuniões de *Safety*

A correlação entre reuniões de *safety* e incidentes de segurança é importante na medida em que, o aumento do número de reuniões leva a uma maior atenção sobre os perigos relatados. À medida que cada vez mais pessoas tomam consciência da importância do SMS, na aviação, mais a cultura de *safety* melhora e mais os operacionais irão reportar as suas preocupações.

Com o aumento da participação dos operacionais no SMS, mais dados de segurança estarão disponíveis e mais eficiente será a gestão preditiva do SMS.

Percentagem de cursos de formação de SMS com avaliação positiva

A melhor forma de conhecer a eficácia da formação é através da avaliação dos formandos no final do curso. A avaliação irá permitir avaliar o conhecimento do programa de SMS de cada colaborador, se a comunicação foi bem estabelecida e se os recursos em formação estão a ser bem implementados.

Taxa média de rotatividade por ano

A rotatividade dos colaboradores representa um aumento dos níveis de risco na aviação. Os novos colaboradores com menos experiência, encontram-se menos familiarizados com os perigos, riscos, procedimentos e identificação dos pontos fortes e fracos da organização.

Percentagem de trabalhos com listas de verificação

Quanto mais trabalhos tiverem listas de verificação, mais o SMS na aviação poderá impor controles sobre o desempenho de qualidade do *safety*. Uma pergunta de auditoria comum é se os colaboradores estão em conformidade com os procedimentos prescritos em determinadas situações perigosas no local de trabalho. Uma análise de auditoria deve ser documentada quando os auditores descobrem colaboradores a negligenciar as listas de verificação prescritas ou a desviarem-se dos procedimentos.

Conjuação de SPIs

De forma a obter informação mais precisa e útil do desempenho e de *safety*, é feita a combinação de diferentes SPIs, fornecendo uma indicação clara do desempenho do mesmo. Deve haver uma ligação clara entre os *lagging* SPIs e os *Leading*. Idealmente, os *Lagging* SPIs devem ser definidos antes da determinação dos *leading* SPIs. Definir um SPI precursor vinculado a um evento ou condição mais grave (o *lagging* SPI) garante uma correlação clara entre os dois. Todos os SPIs são igualmente válidos e valiosos. Um exemplo da conjuação de SPIs é ilustrado na Figura 3.2.

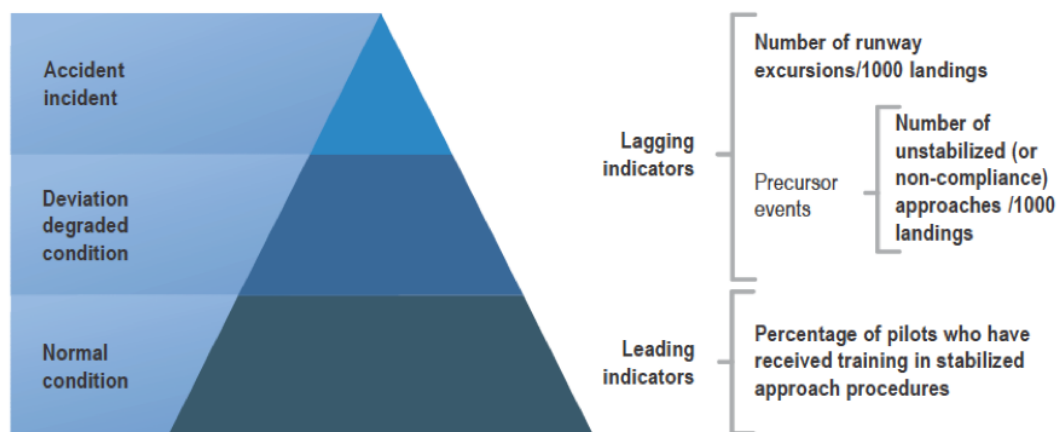


Figura 3.2: Exemplo das relações entre os *lagging indicators* e os *leading indicators* adaptado de [14]

É importante selecionar SPIs relacionados aos objetivos de *safety* da organização. Segundo *Patrick Chaignon*, vice-diretor de qualidade do centro de treino *Paris Le Bourget* da *FlightSafety International* e responsável pelo SMS da mesma, "os melhores SPIs são pontos de dados significativos que apoiam a gestão de *safety*, agregam valor ao desempenho da *safety* e chamam à atenção para possíveis

tendências ou eventos adversos”. Em suma, os SPIs devem encontrar-se bem definidos e alinhados com as metas da organização de forma a que o utilizador consiga verificar a sua qualidade [56].

O estabelecimento de níveis de alerta, *alert threshold*, definindo um número máximo de percursos de eventos ou mesmo de eventos reais abaixo do valor pretendido, os *Safety Performance Targets* (SPTs), permitem à organização atribuir recursos para obter o maior efeito de segurança, sabendo exatamente o que é necessário, quando e como agir sem que o nível inaceitável seja atingido. Num caso em que os SPTs tenham sido alcançados, deve-se investigar e analisar as causas de forma a retomar à normalidade e reduzir os riscos.

Na Portugaláia, o Departamento de *Safety* faz a monitorização dos diversos SPIs da empresa e todos os anos durante o *Safety Review Board* (SRB), decide em conjunto com os departamentos de os SPIs e os SPTs se são para manter ou se existe necessidade de ajuste. No SRB por vezes são sugeridas alterações aos próprios SPIs, de acordo com uma preocupação interna ou o fim da mesma, ou pela obrigatoriedade de SPIs definidos no SSP [21].

O Departamento de *Safety* monitoriza diversos SPIs internos, o exemplo de um pode ser a fadiga da tripulação, que se encontram representados na tabela 3.1. Com a experiência, as investigações e estudos feitos na área da fadiga humana, tem sido possível perceber que esta pode ser como consequência um fator contribuinte de eventos críticos, assim sendo, é um fator de estudo e monitorização por parte do Departamento de *Safety*. Nas organizações, com o objetivo de os SPTs não serem atingidos são criados os níveis de alertas, *alert threshold*, definidos como 70% do valor do SPT, no caso da Portugaláia, valores estes que podem ser observados na tabela 3.1.

Tabela 3.1: SPIs e SPTs da Portugaláia relativos à fadiga

Fadiga		
Parâmetro	SPT (‰)	<i>Alert Threshold</i> (‰)
Número de reportes de fadiga	4.170	2.919
Número de incidentes relacionados com fadiga	0.120	0.084
Número de voos identificado com alto risco de fadiga	0.120	0.084

Interpretando a tabela 3.1, espera-se não alcançar 4.120 reportes por cada mil voos e coloca-se o nível de alerta para 2.919 reportes por 1000 voos.

Mas na análise dos SPIs é necessário estar atento ao tipo de indicador e ao que é pretendido, veja-se a tabela 3.2.

Tabela 3.2: SPIs e SPTs da Portugaláia relativos a *Approved Training Organization* (ATO)

ATO		
Parâmetro	SPT (‰)	<i>Alert Threshold</i> (‰)
Número de reportes	0.059	0.041
Número de ocorrências de alto risco	0.059	0.041

O número de reportes, referem-se a todos os reportes feitos por parte dos pilotos, assim sendo, o intenção é aumentar a cultura de reporte. O objetivo é alcançar pelo menos 0.059 reportes por mil voos e o nível de alerta encontra-se estabelecido em 0.041 reportes por mil voos.

3.3 Aquisição de Dados

A distinção entre dados de *safety* e informações de *safety* é feita nas definições encontradas no anexo 19 da ICAO [10]. Os dados de *safety* referem-se ao que é possível recolher e registar como resultado de uma observação ou medição. Quando os dados são processados, organizados, integrados ou analisados num determinado contexto torná-los úteis para a gestão de *safety*, passam a designar-se de informações.

Ter uma base sólida de dados e informações de *safety* é fundamental para a sua gestão, uma vez que é a base para a tomada de decisões baseada em dados. Dados e informações de *safety* confiáveis são necessários para identificar tendências, tomar decisões e avaliar o desempenho de procedimentos segurança em relação às metas e objetivos avaliando os riscos.

O anexo 19 da ICAO [10] exige que os prestadores de serviços desenvolvam e mantenham um processo formal para recolher, registar, agir e gerar *feedback* sobre os perigos nas suas atividades, com base numa combinação de métodos reativos e proativos de coleta de dados de *safety*. Da mesma forma, o capítulo 8 do anexo 13 da ICAO - Investigação de acidentes e incidentes de aeronaves [14] exige que os Estados estabeleçam e mantenham uma base de dados de acidentes e incidentes para facilitar a análise eficaz de informações sobre deficiências reais ou potenciais de segurança e determinar as ações preventivas necessárias.

3.3.1 Determinar que dados recolher

Cada organização precisa de determinar quais os dados e as informações de *safety* que devem ser recolhidas para apoiar o processo de gestão de desempenho e tomar decisões. Os dados de *safety* e os requisitos de informações de segurança podem ser determinados usando uma abordagem de cima para baixo e/ou de baixo para cima. A abordagem escolhida pode ser influenciada por diferentes considerações, como condições e prioridades nacionais e locais, ou pela necessidade de fornecer dados para apoiar a monitorização das SPIs.

A identificação e a recolha de dados de *safety* devem estar alinhadas com a necessidade da organização da mesma. Em alguns casos, o processo SRM destacará a necessidade de dados de *safety* adicionais para avaliar melhor o impacto (o nível de probabilidade e gravidade) e determinar os riscos associados. Da mesma forma, o processo de gestão do desempenho de *safety* pode destacar a necessidade de informações adicionais para uma compreensão mais abrangente de um problema específico ou para facilitar o estabelecimento ou aprimoramento de SPIs.

Os Estados e os provedores de serviços devem considerar uma abordagem integrada para a recolha de dados de segurança provenientes de diferentes fontes, internas e externas. A integração permite que

as organizações obtenham uma visão mais precisa de seus riscos à segurança e da consecução dos objetivos de *safety* da organização. É importante referenciar que os dados de *safety* e as informações correspondentes, que inicialmente parecem não estar relacionadas, podem vir a ser críticas para identificar problemas e apoiar a tomada de decisões orientada por dados.

Torna-se aconselhável otimizar a quantidade de dados e informações de *safety*, identificando o que suporta especificamente a sua gestão de forma eficaz na organização. A coordenação entre departamentos ou divisões é necessária para otimizar os esforços de criação de relatórios e a recolha de dados para evitar duplicação.

3.3.2 Sistemas de Aquisição de Dados

Sistema Reporte

Um sistema de relatórios funcional e eficiente é uma parte essencial da função geral de monitorização. É uma ferramenta para identificar as ocasiões em que os procedimentos de rotina falharam e as condições latentes que podem levar às mesmas falhas.

O anexo 19 da ICAO [10] exige que os estados-membros estabeleçam um sistema de relatórios de *safety* obrigatórios que incluam, entre outros, os relatórios de incidentes. Os sistemas de relatórios desenvolvidos pelos estados-membros e pelos prestadores de serviços devem ser o mais simples possível para aceder à plataforma, gerar e enviar os relatórios. O sistema comunicação de ocorrências pode ser composto por 2 subsistemas, o obrigatório e o voluntário. O sistema comunicação de ocorrências obrigatório deve ter como objetivo a captura de todas as informações valiosas sobre uma ocorrência, incluindo: o que aconteceu, onde, quando e para quem o relatório é endereçado.

Além disso, devem prever a captura de perigos específicos que são conhecidos por contribuir para acidentes, cuja identificação e comunicação oportunas são consideradas valiosas (por exemplo, condições meteorológicas, atividade vulcânica, entre outros). Este tipo de sistema tende a capturar mais informações técnicas do que aspectos de desempenho humano.

Para atender à necessidade de uma maior variedade de relatórios de *safety*, deve-se também implementar um sistema comunicação de ocorrências voluntário. Este deve ser estabelecido para recolher dados e informações não capturados nem através do sistema comunicação de ocorrências obrigatório, nem pelos sistemas do avião, tendem a realçar condições latentes, como procedimentos ou regulamentos inadequados de *safety*, erros humanos, entre outros.

Independentemente do sistema comunicação de ocorrências, tal como todas as outras informações de *safety* recolhidas obrigatoriamente têm que ser protegidas de acordo com os princípios detalhados no capítulo 7 do DOC 9859 da ICAO [14].

Sistema de Flight Data Monitoring (FDM)

A ICAO define FDM como o uso proativo dos dados de voo registados nas operações diárias para melhorar *safety* na aviação. O Regulamento(UE) 965/2012[57] acrescenta que o uso dos dados de voo deve ser não punitivo, uma cultura justa de *safety*.

Em 2008, o anexo 6 da ICAO [36], Operação de Aeronaves, foi alterado tornando-se obrigatório a introdução de uma série de requisitos e recomendações relacionados com a implementação de sistemas de gestão de *safety* por operadores de aeronaves e helicópteros comerciais de transporte aéreo.

Assim a ICAO obriga os operadores de aviões com massa máxima à descolagem superior a 27000 kg a estabelecer e manter um programa de análise de dados de voo como parte do seu SMS [14].

A EASA conclui ainda que juntamente com um sistema de relatórios, o FDM é uma parte vital para o bom funcionamento do SMS, atuando como uma das principais fontes de dados para monitorizar o nível de *safety*.

O FDM tem como base a análise contínua dos dados gravados durante os voos, estes são introduzidos no envelope de voo para avaliar a proximidade com os limites estruturais do avião, indicados no seu manual de voo, *Airplane Flight Manual* (AFM) e com os procedimentos operacionais padrão, *Standard Operating Procedures* (SOPs). Sempre que um valor exceda o limite deve ser despoletado um alerta, os ditos Eventos. Estes limites e procedimentos podem ser definidos pela companhia desde que mais conservativos que os propostos pelo fabricante.

O objetivo do FDM passa monitorizar a operação da companhia e alguns exemplos dos seus benefícios são:

- Prevenção de incidentes e acidentes, através da análise de dados pode ser estudada a frequência dos eventos e caso seja detetada uma recorrência devem ser tomadas medidas de mitigação;
- Identificação de potenciais riscos/melhorias para a operação, que pode levar à modificação dos programas de treino dos pilotos de acordo com o *Evidence-Based Training* (EBT) [58];
- Redução de manutenção não programada, com diminuição dos custos e maior disponibilidade da aeronave;
- Diminuição do consumo de combustível.

Todos estes benefícios vão de acordo com as definições anteriormente apresentadas, focando os potenciais do programa de FDM como ferramenta poderosa para a identificação proactiva de ocorrências. Consequentemente, possibilita a implementação de medidas de forma a mitigar o perigo para a operação. Mesmo não sendo mandatário, tem sido adotada por operadores de aeronaves não abrangidas pela obrigatoriedade e também para helicópteros.

De forma a conseguir cumprir com os objetivos traçados, os programas de FDM devem ser aplicados e as medidas implementadas nas aeronaves, tripulações, manutenção e, num sentido alargado, corporação dentro da empresa na sua atividade e na sua operação.

Assim sendo o programa de FDM deve permitir:

- Identificar áreas de risco operacional e quantificar as margens de *safety* na atualidade;
- Identificar e quantificar riscos operacionais destacando ocorrências de circunstâncias fora do padrão, incomuns ou inseguras;

- Usar as informações do FDM sobre a frequência de tais ocorrências, combinadas com uma estimativa do nível de gravidade, a fim de avaliar os riscos de *safety* e determinar até que ponto podem ou não ser aceitáveis;
- Implementar procedimentos adequados para ações sempre que um risco inaceitável, presente ou previsto por tendências, tenha sido identificado;
- Confirmar a eficácia de qualquer ação corretiva através de uma monitorização contínua.

A análise de FDM deve ser criteriosa e deve incluir:

- Detecção de excedências *Exceedance detection*: procura de desvios em relação aos limites do *Aircraft Flight Manual* (AFM) e dos *Standard Operating Procedure* (SOPs). Devem ser revistos e atualizados continuamente para refletir os procedimentos operacionais atuais do operador;
- Leitura dos dados de todos os voos: um sistema que define o que é prática normal. Traçar um histórico e determinar o que é o decorrer normal de cada voo e assim perceber as diferenças, quando estas existirem;
- Estatística: um histórico de dados deve ser recolhido para retirar conclusões e apoiar o processo de análise. O estudo deve incluir o número de voos por aeronave, a época do ano, meteorologia e outras informações relevantes com o objetivo de traçar tendências.

Os dados de FDM de toda a companhia ou da frota, são armazenados num sistema de base de dados permitindo a análise de eventos num contexto geral. Permite ainda perceber o estado de evolução dos níveis de *safety* e quais os resultados obtidos com a implementação de medidas possibilitando a adaptação do treino dos pilotos às necessidades encontradas. Estes dados são confidenciais e para estudo estatístico os mesmos têm que ser totalmente descaracterizados, capítulo 7 do DOC 9859 da ICAO [14].

Regularmente, as estatísticas devem ser partilhadas com os pilotos e estes devem periodicamente receber um relatório sobre o seu desempenho em voo. Com a informação pessoal do desempenho de cada indivíduo deve estar bem presente uma cultura de *safety* justa, ou seja, o sistema de FDM deve ser informativo e não punitivo.

A cultura de *safety* deve ser justa e as responsabilidades devem ser assumidas, em casos de negligência grave ou numa preocupação contínua significativa para o *safety*, a decisão de sancionar um membro da tripulação de voo pode ser parcialmente baseada em dados do FDM, no entanto, essa decisão deve ser tomada dentro dos procedimentos e estrutura do SMS, exigindo avaliação preliminar pelo *safety manager*.

Tal como representado na figura 3.3 existe uma forte ligação entre o sistema de SMS e os programas de FDM. Estes devem ser configurados de acordo com a companhia aérea, com o objetivo da transição de um modo puramente reativo, com a análise dos incidentes tendo por base os relatórios da tripulação de voo, para um modo mais proativo, com a identificação precoce de eventos indesejados, de perigos, de riscos e com a implementação de medidas de mitigação. Num sistema de SMS maduro deve-se executar o estudo preditivo, identificando incidentes através do estudo estatístico ou da extrapolação de dados.

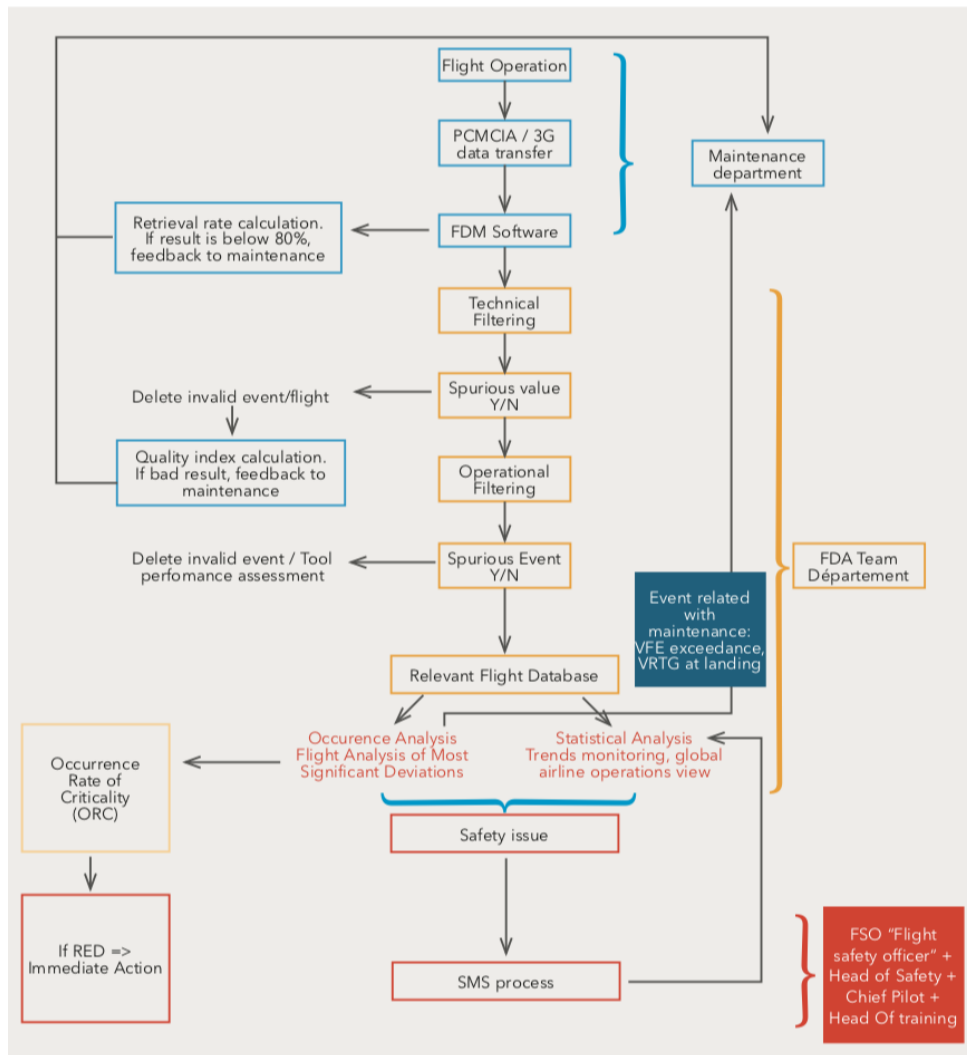


Figura 3.3: Esquema dos dados a bordo de uma aeronave adaptado de [59].

O sistema de aviso e registo das aeronaves inclui, a unidade de aquisição de dados de voo, *Flight Aquisition Unit* (FDAU), unidade de interface de dados de voo, *Flight Data Interface Unit* (FDIU) ou Cartão de aquisição de dados de voo, *Flight Data Acquisition Card* (FDAC). No seu funcionamento a bordo da aeronave, a FDAU centraliza e formata os dados provenientes dos sensores, computadores de bordo e instrumentos, e alimenta o *Flight Data Recorder* (FDR), o *Quick Access Recorder* (QAR) e o *Cockpit Voice Recorder* (CVR), promovendo um fluxo contínuo de dados, tal como ilustrado na figura 3.4.

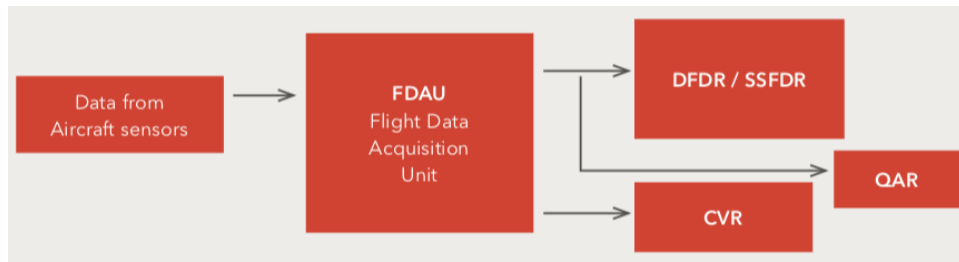


Figura 3.4: Esquema dos dados a bordo de uma aeronave adaptado de [59].

Os QARs mais recentes têm portas de entrada compatíveis com os barramentos de aeronaves padrão (interface ARINC 429 [60]) e portanto podem receber dados adicionais. Existem ainda os *Direct Access Recorders* (DARs) que recebem os dados das *Data Management Units* (DMUs) e podem ser programados não apenas para selecionar quais os parâmetros a gravar e qual a frequência de amostragem, mas também para selecionar o modo de gravação: gravação periódica ou gravação acionada por eventos como um parâmetro que ultrapassa um limite predeterminado.

Após o voo, deve ser efectuado o *download* dos dados, que pode ser feito de forma manual, retirando o disco ou a *PC card* dos QARs ou, em sistemas mais avançados, via *wireless*, obtendo os dados num menor intervalo de tempo [59]. Os dados descarregados podem ser processados pelo *software* de FDM e fornecer no final os eventos relevantes para analisar.

3.4 Análise de Safety

Atribui-se o nome análise de *safety* ao processo de aplicação de técnicas estatísticas e/ou analíticas para verificar, avaliar e visualizar os dados e as informações de *safety*. O uso de ferramentas adequadas para a análise de dados e informações de *safety* fornece uma compreensão mais precisa da situação geral, examinando os dados de maneira a revelar as relações, conexões, padrões e tendências existentes.

A análise ajuda as organizações a gerar informações acionáveis na forma de estatísticas, gráficos, mapas, painéis e apresentações, a fim de descobrir informações úteis, sugerir conclusões e apoiar a tomada de decisão orientada por dados.

Muitas ocorrências na aviação resultaram, pelo menos em parte, de más decisões de gestão, que podem resultar numa má orientação dos recursos da empresa. O objetivo dos responsáveis de *safety* é, a curto prazo manter os resultados e melhorá-los a longo prazo, contribuindo para alcançar os objetivos da organização. As técnicas analíticas mais comuns na aviação incluem a análise descritiva, inferencial (através da probabilidade) e preditiva e podem ser aplicadas à análise de *safety* para:

- Identificar as causas e fatores contribuintes relacionados aos perigos e elementos que são prejudiciais à melhoria contínua do *safety* na aviação;
- Examinar áreas para melhoria e aumento da eficácia dos controles de *safety*;
- Apoiar o monitorização contínua do desempenho e das tendências de *safety*.

As estatísticas descritivas são úteis por simplificarem a visualização dos dados, visto que se apresentados de forma bruta, particularmente em grandes quantidades, seria difícil visualizar o que estes indicam. Permitem uma interpretação mais simples dos dados através de ferramentas como tabelas, matrizes, gráficos e até mapas. Incluem medidas de tendência central, como média, mediana e moda, bem como medidas de variabilidade, como faixa, quartis, mínimo e máximo, distribuição de frequências, variância e desvio padrão. Os estudos baseados na análise descritiva podem ser a base inicial para descrever os dados como parte de uma análise estatística mais extensa ou pode ser suficiente, por si só, para uma investigação específica.

As estatísticas inferenciais são técnicas que permitem aos usuários dos dados disponíveis fazer generalizações, inferências e conclusões sobre a população da qual as amostras foram recolhidas para descrever tendências. Isso inclui métodos para estimar parâmetros, testar hipóteses estatísticas, comparar o desempenho médio de dois grupos na mesma medida para identificar diferenças ou similaridades e possibilitando correlações e relações entre variáveis.

As estatísticas preditivas tentam extrair informação de dados históricos e atuais e utilizam-nas para prever tendências e padrões. Esta procura encontrar relações entre as variáveis de ocorrências passadas e explorá-las para prever o resultado desconhecido. Alguns sistemas permitem que os usuários modelem diferentes cenários de riscos ou oportunidades com diferentes resultados, tornando possível a simulação da tomada de ações e a avaliação da alocação de recursos nas áreas onde existem os maiores riscos ou melhores oportunidades.

A técnica de análise que se procura implementar deriva da conjugação dos três tipos de análises estatísticas, acima referidos. Por exemplo, uma técnica inferencial pode ser a principal ferramenta utilizada para alcançar conclusões sobre um conjunto de dados, dados estes que costumam ser apresentados através de estatísticas descritivas. Além disso, são frequentemente usados como base para a análise preditiva os resultados da estatística inferencial, ramo da estatística que com base numa amostra tenta prever uma situação global. Tal conjugação pode ser observada na figura 3.5. A recolha e a análise dos dados deve ser um processo contínuo e iterativo, onde as novas decisões sejam tomadas tendo em conta os novos resultados obtidos e estudada a eficácia das ações tomadas.

Os resultados da análise de dados de *safety* podem destacar áreas de alto risco e ajudar a:

- Decidir quais as ações corretivas imediatas;
- Implementar a monitorização baseada nos riscos de *safety*;
- Definir ou refinar a política de *safety* e/ou os seus objetivos;
- Definir ou refinar SPIs e SPTs;
- Promover o *safety*;
- Realizar uma avaliação adicional dos riscos de *safety*.

Deve-se disponibilizar os resultados da análise de *safety* a todos os interessados e intervenientes no sistema de uma maneira que possa ser facilmente compreendida, tal como descrito em 2.2.4.

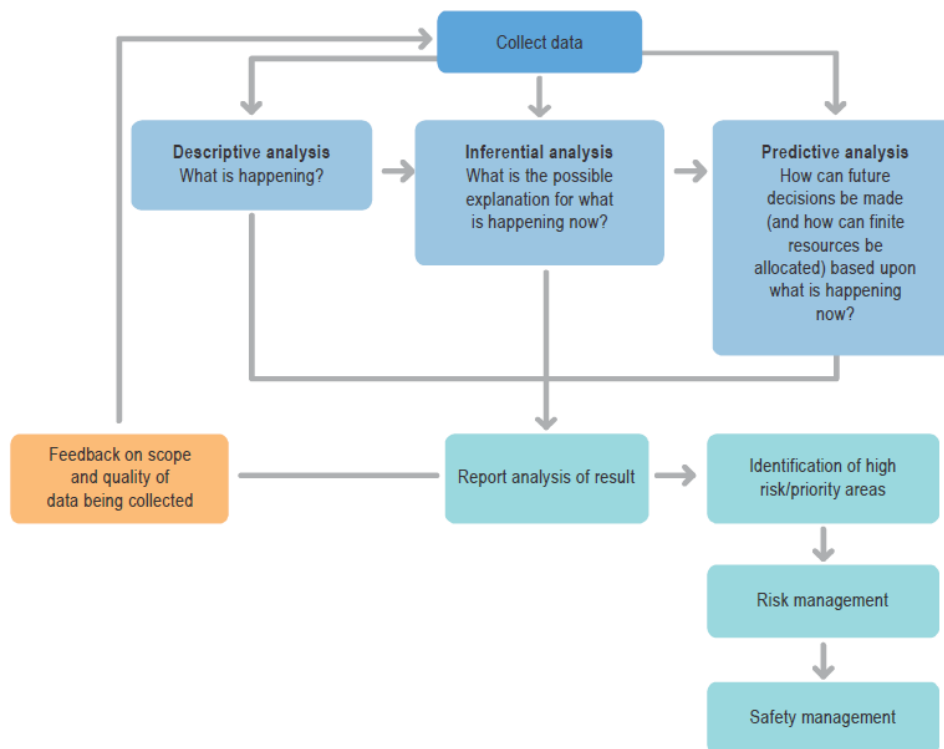


Figura 3.5: Processo de análise de dados e informações de segurança conjugado com a gestão de *safety* adaptado de [14]

3.5 Safety Dashboard

Em todas as empresas e departamentos existem dados, metas e objetivos que têm de ser cumpridos, e quanto maior o volume de dados mais complexo se torna a sua gestão e monitorização. Por mais que os dados se encontrem disponíveis e organizados se não forem apresentados de forma simples e apelativa, podem não ser compreendidos ou corretamente interpretados. Foi como solução a este problema de organização, apresentação e compreensão de dados que se criou o conceito de *dashboard*.

O desempenho de *safety* da organização e os resultados da análise devem ser demonstráveis e devem indicar claramente a todas as partes interessadas que o mesmo está a ser gerido de forma eficaz. Uma abordagem de o demonstrar é por meio de um *safety dashboard*, ou seja, através de uma representação visual que permite a todos e de uma maneira rápida e fácil visualizar o desempenho do *safety* na organização.

Além de uma exibição em tempo real dos SPIs e SPTs da organização, os *dashboards* também podem incluir informações relacionadas à categoria, *root cause* e gravidade de riscos específicos.

Assim sendo, as principais funcionalidades de um *dashboard* passam por:

- Mostrar indicadores e métricas de forma clara e objetiva;
- Apoiar na tomada de decisões;
- Acompanhar o desempenho da empresa;
- Facilitar a monitorização de dados;

Os utilizadores de qualquer programa desejam a capacidade de configurar o painel para exibir os seus principais indicadores, bem como um recurso que lhes permite aprofundar-se nas métricas.

Na Portugalia as apresentações eram desenvolvidas e apresentadas em *PowerPoint*, um método antigo e que leva à alocação de diversas horas de trabalho para alterar os *inputs* do ficheiro. Com a criação de um *safety dashboard* evita-se o trabalho repetitivo, o que permite dedicar-se mais tempo ao estudo pormenorizado de certos eventos.

3.6 Introdução aos Processos Analíticos

Com os desenvolvimentos tecnológicos as fontes de dados dão origem a mais informação, que são guardadas em bases de dados e não processada. A dificuldade sentida pelos analistas de voo é a não existência de interligações entre os diversos dados apresentados na figura 1.4, como se pode perceber pelo exemplo:

Um voo com 1 ou mais eventos de severidade 2 ou 3 (escala de 0 a 3), durante a fase final de aproximação.

Vejamos quais os passos que um analista de voo tem que tomar para fazer uma análise completa:

A primeira tarefa passa pela análise dos dados de voos auxiliada por software apropriado, com a qual será possível tomar conhecimento dos eventos que ocorreram. Conhecidos os eventos, deve-se perceber o que os originou, como por exemplo falhas técnicas, erro humano, implicações meteorológicas, entre outros. Algo importante para avaliar as situações é perceber quais as orientações das cartas aeronáuticas, o que dizem os SOPs da companhia [61] e comparar o que aconteceu com o que era suposto acontecer. Uma vez que existem preocupações meteorológicas, devem-se consultar os dados meteorológicos do local onde ocorreram os eventos. Nem todos os eventos obrigam ao preenchimento de relatório mas a existência de pelo menos um relatório voluntário pode ajudar a contextualizar e acrescentar informação à análise. Quando surgem questões relacionadas com as decisões tomadas, durante o voo, é necessário contactar o comandante e o co-piloto, a fim de obter mais informação sobre os acontecimentos. Antes de entrar em contacto com a tripulação pode ser útil ter em consideração a experiência no tipo de aeronave operada.

De acordo com o capítulo 7 do DOC 9859 da ICAO [14], os dados de voo devem estar descaracterizados, acede-se a outra base de dados, à do programa que contém os voos, para chegar assim à identificação da tripulação. Será ainda necessário aceder a outra tabela para obter os contactos da tripulação. Ter acesso às datas das licenças, à data de entrada na companhia e à data de largada pode ter interesse para perceber qual a experiência da tripulação, informação esta que existe, mas uma vez mais se encontra numa tabela específica desta base de dados. Aquando de um relatório obrigatório ou voluntário torna-se necessário cruzar os dados da ocorrência com os dados de voo para associá-la ao evento e ao voo correto. Consequentemente, aquando de um evento relacionado com a meteorologia, devem-se consultar as informações meteorológicas da origem ou destino, ou mesmo, executar um estudo dos ventos durante o voo.

Outro exemplo:

Um relatório submetido relativo a um voo, onde vem relatado um evento.

Verifica-se o processo de análise da ocorrência:

Todas as ocorrências reportadas através do sistema de relatórios obrigatório e voluntário devem ser alvo da atenção da equipa de *safety*. Mais do que dar *feedback* ao reportante, deve-se analisar as condições em que ocorreu e perceber a causa. O Departamento de *Safety* ao receber um relatório de voo tem que o submeter a um analista de voo para avaliar a gravidade da situação. Torna-se necessário perceber se existem ou não os dados de voo relativos à ocorrência de forma a analisá-los. Para além do estudo de FDM, uma ocorrência deve ser classificada nos parâmetros *immediate effect*, *operational effect*, *event type*, *event descriptor*, Portugalia SPIs e *SSP events*. No fim o risco tem que ser determinado e cruzado com a base de dados de risco e as medidas mitigadoras devem ser apresentadas. Algumas ocorrências exigem notificação à autoridade responsável, tendo um prazo de 72 horas após o relatório da ocorrência ser submetido, no caso de Portugal para a ANAC.

Ambos os processos descritos são, por natureza, demasiado complexos e a quantidade de dados a conferir em cada iteração torna a análise propícia a erros, como por exemplo, atribuir eventos à pessoa errada ou associar ocorrências a voos errados.

Dado os complexos processos necessários para o trabalho diário do Departamento de *Safety*, a integração das diversas bases de dados e a simplificação da sua utilização, são questões essenciais para o melhor funcionamento do SMS.

O ponto de partida para o desenvolvimento deste trabalho e após um estudo geral sobre a aviação abordando a evolução, o aparecimento de novas preocupações e o desenvolvimento da tecnologia, foi a compreensão de como a empresa funciona internamente.

O primeiro passo foi perceber que programas é que são utilizados e qual a finalidade de cada um. Depois de se perceber o seu funcionamento investigou-se sobre a forma de armazenamento dos dados e quais as possibilidades de aceder aos mesmos.

Os programas e dados que se utilizaram como fonte para a integração da informação são apresentados de seguida.

Netline

O Netline é um programa criado pela *Lufthansa Systems* que permite a gestão eficiente dos recursos da companhia, tendo como base a avaliação e otimização das rotas, das rotações e das escalas das aeronaves e das tripulações, conseguindo otimizar o tipo de aeronave ao número de passageiros, otimizar os *slots* e os tempos das aeronaves no chão [62].

Sendo a base onde todos os voos se encontram guardados e agendados será a primeira base de dados a analisar, no qual numa das suas tabelas se pode encontrar todos os dados da tripulação, associando ao nome de cada um os seus dados pessoais e noutra tabela as datas das licenças. O planeamento de escalas, a alocação de tripulantes, os voos executados e mesmo os cancelados ou desmarcados são guardados numa tabela desta base de dados.

Analysis Ground Station (AGS)

O AGS é um programa criado pela *Safran Electronics & Defense* que oferece um sistema de processamento e análise de dados de voo, ajudando a garantir a segurança operacional do voo e reduzir os custos operacionais tanto dos fabricantes de aeronaves como das companhias aéreas. Tem a capacidade de executar medições e analisar grandes volumes de dados.

Tem como grande objetivo fazer a gestão de combustível e a detecção de situações de alto risco que podem antecipar incidentes técnicos. Através da programação de procedimentos de engenharia e ou de voo o programa pode ser personalizado à companhia e à operação que esta executa.

Os procedimentos criados, analisam todos os voos e quando são detetados desvios geram automaticamente eventos. Estes dividem-se por severidades e a análise e as ações dependem da severidade atribuída. Após os procedimentos serem aplicados, os eventos de severidade dois e três são analisados, podendo ser validados, caso se comprovem os dados, ou invalidados, quando são falsos positivos. Os restantes eventos de severidade inferior ficam com o estado de “não verificado” [63].

Todos estes dados gerados e posteriormente analisados são guardados numa base de dados específica do programa. Os dados não relacionados não acrescentam valor à empresa, apenas nos indicam se for necessário efetuar uma inspeção devido a excedências de limites estruturais. Para realmente se perceber quais as preocupações na operação deve-se fazer o estudo estatístico dos dados. Perceber qual a qualidade da gravação de dados, que eventos acontecem e com que frequência e qual a evolução. Os dados estatísticos são úteis tanto para o Departamento de **Safety** perceber como agir e quais os efeitos das ações tomadas, como para a direção de operações de voo como para o departamento de formação adaptar o treino às tendências encontradas.

SMS Solution (AQD)

A *Rolls-Royce* desenvolve um dos programas mais populares de SMS na aviação, o *SMS Solution*, antigamente conhecido como AQD. Utiliza os princípios de gestão de *safety*, qualidade e risco para facilitar um ciclo de melhoria contínua, através de ferramentas simples e flexíveis para apoiar cada fase do processo. Esta é uma solução totalmente integrada para garantir que as atividades de recolha e análise de dados decorram sem problemas.

Tem disponível um sistema de formulários e relatórios personalizáveis, taxonomias de classificação personalizadas, como por exemplo para a *root cause* ou o *event descriptor*, e completa com o suporte aos padrões da indústria, como IOSA e IATA IDX [64].

Desenvolve o *Rolls-Royce Mobile eReports*, disponível para *iOS* e *Android*, o que torna possível um sistema de reporte *mobile online* ou *offline* de locais remotos, como a cabine da aeronave. A empresa adotou o sistema de *iPads* de forma a simplificar a execução do reporte e a incentivar a cultura dos mesmos [65].

Meteorologia

Uma *Meteorological Aerodrome Report* (METAR) representa por meio de uma codificação o estado da atmosfera a uma dada hora através de informações de nebulosidade, temperatura, visibilidade, vento e pressão atmosférica.

As METARs referem-se às condições específicas do aeródromo e por norma são publicadas a cada meia hora. É de grande importância para a aviação, onde muitas descolagens e aterragens baseiam-se nas condições meteorológicas e na transmissão de dados meteorológicos de qualidade. Para além da importância activa operacional que as METARs acarretam, o seu papel é também fundamental para uma análise dos dados de voo mais fidedigna e serve muitas vezes para entender o que se passou no voo em questão, por exemplo, situações de aproximações a velocidades acima do “normal” ou mesmo, caso de aterragens mais fortes no momento de contacto causadas por ventos fortes ou *gusts*.

A melhor forma de perceber a informação que uma METAR fornece é através da leitura detalhada de um exemplo, verificando-se no exemplo abaixo indicado, de uma METAR relativamente simples:

LPPT 241430Z 31008KT 270V360 CAVOK 33/17 Q1014 [66]

Esta METAR apresenta as condições para o aeroporto de Lisboa (LPPT) para o dia 24 às 14:30, hora Zulu (241430Z). Os próximos três primeiros dígitos informam a direção do vento (310° – vento vindo de noroeste, referente ao Norte Verdadeiro) e os dois últimos a sua velocidade (8 nós). O vento varia entre oeste e norte (270V360). A visibilidade e teto de nuvens é *CAVOK* que significa *Ceiling and Visibility Ok* o que implica a visibilidade de 10km ou mais, nenhuma nebulosidade abaixo dos 1500m (5000pés) e sem nenhum fenómeno de tempo significativo (Chuva, Trovoadas, Neblina,...). A temperatura do ar é de 33°Celsius e temperatura do ponto de orvalho de 17°Celsius com uma pressão calculada ao nível médio das águas do mar (QNH) de 1014*hectoPascal* (hPa).

Capítulo 4

Implementação

Inicia-se assim um processo iterativo de desenvolvimento e teste até alcançar o objetivo traçado, a interligação entre os dados existentes no dia-a-dia de trabalho do Departamento de *Safety*.

Decidiu-se escolher a base de dados do *Netline*, por esta ser uma base de dados transversal à empresa e de forma cronológica os voos existirem primeiro do que os eventos e as ocorrências.

Anteriormente a este tese, foi realizado um trabalho relacionado com a base de dados do *Netline*, que deu origem a um número associado a cada voo tendo a particularidade de ser único e aleatório. O objetivo deste identificador, *Leg_NO* (abreviatura para *Leg Number*), é servir como elemento chave nas relações entre as tabelas da base de dados, tendo ficado implementado em todas as tabelas da base de dados do *Netline*.

A importância e a necessidade da existência desta chave, deve-se também ao facto de os dados de voo terem de ser confidenciais não sendo possível estes passarem para fora do Departamento de *Safety* sem estarem desassociados de: número de voo, destino/origem, tripulação e data.

Assim sendo o primeiro passo a dar deve ser a associação do *Leg_NO* nas restantes bases de dados, mas para que este seja adicionado é necessário primeiro perceber como criar uma relação.

4.1 Processo Associação do *Leg_NO* generalizada

O que se pretende é a associação dos voos às ocorrências e aos eventos, mas não se sabia como seria possível relacionar os dados sem existir uma palavra-chave igual em ambas as tabelas.

Tendo como base o *Leg_NO* e querendo utilizá-lo como chave para as futuras relações começa-se a perceber como se podem manipular os dados de forma a encontrar uma combinação. Não existe uma solução mas criou-se a ideia de relacionar o *Leg_NO* ao número e à data do voo, não existindo dois voos com o mesmo número no mesmo dia, a hora seria o segundo item para fazer a confirmação antes da associação.

Concretizou-se a ideia tendo sido debatida internamente e começada a pôr em prática, onde surgiu um impasse, passou a existir a necessidade da criação de um *script* ou de uma função programada que executasse esta tarefa para centenas de milhares de voos. Pensou-se em duas hipóteses, ou se

criava um programa em *python* ou tentava-se encontrar uma solução de *Data Integration*.

Ainda foi criada e testada uma ligação ao *Netline* através de *python*, mas existia sempre a dúvida se seria a forma mais rápida e eficiente. Não se sabia se sim ou se não, não se sabia se alguma vez o *script* criado estaria otimizado. Para programar em *python* era necessário criar as ligações, executar *query* a *query* manualmente, e no fim a mesma dúvida surgia, se era ou não uma solução otimizada.

Com as dúvidas que surgiram decidiu-se parar e procurar uma solução, um programa de *Data Integration* que tivesse a capacidade de consolidar dados de fontes diferentes num único conjunto de dados final, onde os programas criados tivessem por base uma arquitetura pensada na implementação em *Big Data* e o mais eficiente possível. Se estas soluções existem no mercado não justifica o investimento de estar a produzir algo que pode ser adquirido sem custos significativos ou de forma gratuita.

Do resultado da pesquisa concluiu-se que os programas de *Data Integration* permitem extrair dados de fontes com igual ou diferente formatação, transformá-los livremente e exportar as tabelas finais de forma a ficarem armazenadas e acessíveis.

Os programas de *Extract, Transform, Load* (ETL) conseguem executar todas estas tarefas em paralelo. Os dados demoram a ser descarregados, posteriormente transformados e no fim carregados nas tabelas de destino, assim sendo, enquanto parte dos dados vão sendo descarregados, os que já se encontram disponíveis vão sendo processados e se existirem alguns dados prontos são carregados no destino, sem ter que aguardar pelas fases anteriores. Mas se existirem tarefas ou transformações que necessitem de todos os dados, o programa espera que todos se encontrem disponíveis [67].

Vários programas foram explorados, mas acabou por se escolher o *Pentaho Data Integration*, da *Hitachi*, uma ferramenta de ETL. O programa é muito simples e intuitivo, tem um ambiente de trabalho gráfico e programável através de blocos, o fluxo de dados e evolução dos mesmo é possível visualizar passo a passo e perceber o que está a acontecer, muito útil como ferramenta de *debug*. Mas a grande mais valia do *Pentaho* é ser *Open Source* e mesmo assim ter um vasto número de ferramentas de *input*, *output* e transformação de dados disponível, tal como a possibilidade de utilizar *scripts* de *python* ou *R*. Permite ainda criar rotinas automáticas alocadas num servidor e definindo a periodicidade de execução. Permite ainda interagir com outros programas da *Hitachi* para a criação de relatórios automáticos com um *layout* específico pré-definido.

Teve algum peso na escolha, este ser o programa utilizado na empresa para outras aplicações deste tipo, existindo assim conhecimento e experiência útil para ajudar se necessário.

4.2 Ligações às Bases de dados

Com o programa escolhido começa-se a perceber como este funciona e testam-se as ligações. Após ter sido criada a primeira ligação e conseguindo-se aceder aos dados do *Netline* através do *Pentaho*, começa-se a estudar as diversas tabelas e a informação de cada uma. Com as tabelas conhecidas o próximo passo pode ser dado, começar a criar as restantes ligações.

4.2.1 *Netline e AQD*

A ligação à base de dados do *AQD* é executada da mesma forma do que a do *Netline*, através de Java Database Connectivity (JDBC).

Nesta ligação, pretende-se associar o *Leg_NO* às ocorrências, para isso é necessário procurar em ambas as tabelas o elemento comum. O mais fácil de associar é o número de voo pois só existe um voo por dia com o mesmo número, mas para o *Leg_NO* ser corretamente associado é necessário a confirmação da data do voo. A ligação é feita diretamente a cada uma das bases de dados, para os dados de voo é feita a ligação ao *Netline* à tabela “*fuel efficiency*” e para as ocorrências esta é feita à base de dados do *AQD* e à tabela “*OC_OCCURRENCE*”.

Com a ligação ao *AQD* estabelecida, recorda-se o objetivo intermédio, a criação de uma lista com o *Leg_NO* e o número da ocorrência, *OCC_NO*. A informação sobre as ocorrências encontra-se dividida em várias tabelas, a ocorrência, a data de criação, o nome de quem a importou para o sistema, entre outros, estando esta disponível na tabela *OC_OCCURRENCE* mas o título, a descrição, a conclusão, o nível de risco encontra-se na tabela *OC_OCCURRENCE_EVENTS*. O nível de risco encontra-se dividido em Severidade e Probabilidade, mas tem uma correspondência com a matriz de risco, na tabela *OC_OCCURRENCE_EVENTS* apenas é indicado qual o valor do risco e não o seu significado, sendo necessário cruzar os dados com os de outra tabela. Percebendo que a palavra-chave na base de dados do *AQD* ou é o *OCC_NO* ou um item específico, decidiu-se não fazer duplicação de tabelas criando apenas um índice de *OCC_NO* e de *Leg_NO*. Com esta tabela como índice, será possível mais tarde criar as ligações que permitiram agrupar dados sem necessitar de alocar memória em duplicado.

De forma a não extrair demasiada informação das tabelas, seleciona-se apenas a informação necessária, diminuindo o tempo de pesquisa e aquisição de dados, que no caso foi o número da ocorrência, a data e o número de voo.

Tendo duas tabelas e querendo procurar dados de uma tabela noutra pode-se utilizar o bloco *stream lookup*, mas para isso é necessário um elemento comum, não existindo esse elemento mas sim vários a comparar teve-se que criar um identificador.

Inicia-se pela base de dados dos ocorrências, por existirem menos dados disponíveis para a concretização do novo elemento. Existem apenas a data, hora e número de voo disponíveis, e para a associação basta a data e o número do voo. Pode-se ainda pensar que a hora iria ainda dar mais precisão ao sistema, mas na realidade não seria isso que aconteceria, pois a hora da ocorrência pode não coincidir com o início ou o final do voo.

Idealiza-se então uma coluna nova com os seguintes elementos ano, mês, dia e voo, extraem-se exemplos aleatórios para analisar e pensar como proceder.

O *Call_Sign* não é regular existindo variação dos prefixos TAP, tap, TP, tp ou mesmo sem prefixo, tal como pode ser verificado na tabela 4.1 extraída do *Pentaho* aquando da transformação dos dados. A identificação da companhia não altera em nada a identificação do voo assim sendo este pode ser retirado.

Tabela 4.1: Exemplos dos diferentes tipos de *Call_Sign* associados ao voo.

OCCURRENCE_NO	OCCURRENCE_DATE_TIME	CALL_SIGN
O13-15	2015/07/06 09:25:00.000000000	TP1030
O14-15	2015/07/14 10:05:00.000000000	tp1922
O16-15	2015/07/06 07:15:00.000000000	tp324
O36-15	2015/08/04 16:55:00.000000000	1468
O22-15	2015/07/23 06:50:00.000000000	Tap 1023
O2-15	2015/06/07 06:30:00.000000000	1002

Pretende-se criar uma nova coluna *DATE_FLIGHT_AQD* com o formato *aaaammddvvv* como por exemplo, *20190102412*, que representa o voo TAP412 do dia 2 de Janeiro de 2019.

Altera-se o formato da data através do *Select Values 2* para *aaaa/mm/dd* e o tipo para *string* permitindo concatenar o número de voo mais tarde. No bloco *Date&FlightNo* apenas permanecem os dígitos e no bloco seguinte são retiradas as barras separadoras da data, obtendo o formato *aaaammdd*. Após ambos os elementos estarem prontos são juntos através do *Date_Flight_AQD* e ordenados por este novo elemento. A ordenação é fundamental para que o processo de procura e junção das tabelas seja executado corretamente e com melhor performance temporal.

No *Netline*, filtram-se as colunas por voos executados, eliminando os restantes, filtro este que se encontra na *query* de forma a descarregar uma menor quantidade de dados. As colunas extraídas inicialmente eram apenas o *Leg.NO*, o número de voo e a data de origem.

Após os voos terem uma variável possível de comparar, a implementação foi inicialmente feita com a função *Join Rows*, a procura era eficaz mas não eficiente. Esta implementação demorava cerca de 50 minutos para processar os dados de 2018 procurando uma função diferente e mais eficiente, foi encontrada a função *Stream Lookup*, demorando cerca de 1 minuto a executar a mesma procura.

Após a implementação estar concluída, foram executados testes para garantir que os dados não eram perdidos e que se encontravam correctamente associados. Nos testes para comprovar os resultados, foram comparados o número de ocorrências registados na base de dados e o número de ocorrências introduzidas na nova tabela. Concluiu-se que os valores eram diferentes, a nova tabela era superior à base de dados inicial, encontraram-se ocorrências repetidas com diferentes *Leg.NO*s, como pode ser verificado na tabela 4.2 retirada do *Pentaho* no final da transformação.

Tabela 4.2: Exemplos dos diferentes tipos de *Call_Sign* associados ao voo.

LEG.NO	Day_of_Origin	OCC.NO
76763426	2017/01/01	O1-17
76768910	2017/01/01	O1-17

Após verificação, percebeu-se que era a mesma ocorrência e o mesmo voo, os *Leg.NO* eram diferentes devido ao facto do voo ter divergido por alguma razão.

Verificou-se também que sem ser este número de ocorrências repetidas o valor continuava a coincidir, passando para o caso contrário, ou seja, a tabela nova passa a ser mais pequena do que a original. Executando uma procura manual, encontraram-se ocorrências sem *Leg.No* associado. Estas podem ser de manutenção ou reportes espontâneos, sem serem relativos a voos. Contabilizando estes casos para o resultado final, os valores continuavam a serem coincidentes, havendo ainda menos ocorrências detetadas no cruzamento das bases de dados do que originalmente. Executando uma nova procura manual, conclui-se que os casos em que os voos passam a meia-noite e a ocorrência tenha ocorrido no dia seguinte ao dia de início de voo, esta não era detetada.

Surge assim uma nova alteração em que é necessário utilizar a data de descolagem, *OFFBLOCK_DT*, e de aterragem, *ONBLOCK_DT*. Considerando a data de descolagem como a hora programada para o início de voo e a hora de aterragem como a real. Isto porque o voo pode estar atrasado e qualquer ocorrência pode surgir, a hora de aterragem como a real porque o atraso do voo pode ter passado o voo para o dia seguinte, ou pelo menos parte do voo.

Na figura 4.1 pode-se observar o esquema final das transformações executadas no *Pentaho*.

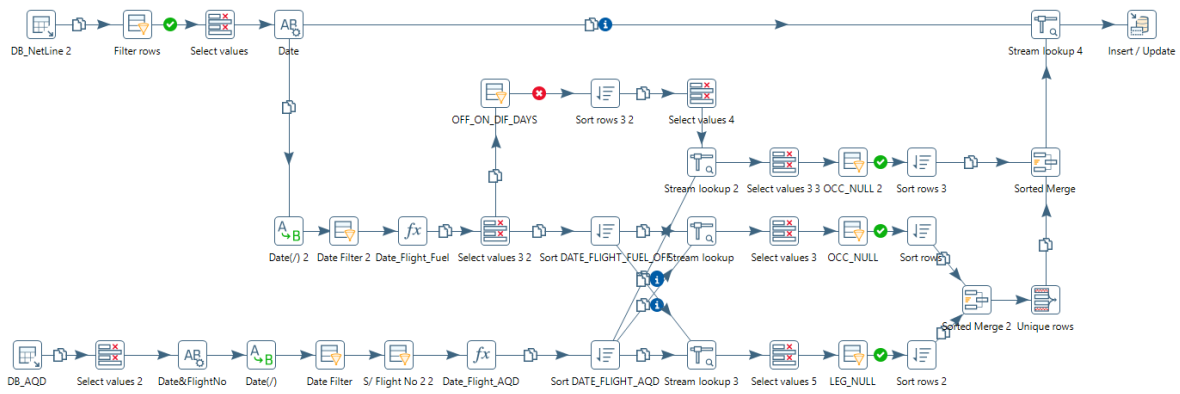


Figura 4.1: Esquema das transformações em *Pentaho* do *Netline* e *AQD*

São necessários 3 ramos de procura e associação: o ramo superior encontra as ocorrências de voos que passam de um dia para o outro; o ramo central e o ramo inferior fazem a mesma pesquisa mas por ordem contrária; o ramo central procura nos dados do *AQD* o voos do *Netline* e o ramo de baixo procura neste os voos presentes na base de dados do *AQD*.

Após o *Stream Lookup* e antes da junção dos diversos ramos, os dados são filtrados de forma a eliminar linhas sem *OCC_NO* ou sem *Leg.NO*, após este passo as linhas são novamente ordenadas de forma a facilitar aquando da procura, comparação e junção.

No final de cada ramo é necessário juntar os resultados das diversas pesquisas. Em primeiro lugar os ramos inferiores, pois têm a mesma informação e por vezes as ocorrências são detetadas em ambos, eliminam-se os casos em que não foi identificado nenhuma correspondência, ordenam-se as ocorrências por *Leg.NO* e *OCC_NO* e juntam-se ambas as tabelas através da função *Sorted Merge 2*.

Ordenadas e juntas, eliminam-se as linhas repetidas, *Unique Rows*, junta-se agora esta nova tabela com o ramo superior da mesma forma que as inferiores. Neste caso já não existe a necessidade de verificação, pois as datas não coincidem e não seria possível uma associação em duplicado.

A esta tabela final junta-se a data no formato *aaaa/mm/dd* para ser utilizada posteriormente numa filtragem por data, caso seja necessário. No final exporta-se a tabela *Netline_AQD* através do *Insert/Update* que verifica se os valores da tabela já se encontram na tabela final alocada na base de dados *SafetyDB* e faz *update* dos valores da tabela, se necessário, e insere as novas ocorrências.

Testou-se novamente, comparando o número de ocorrências no *AQD* com os presentes na tabela final e após contabilizar as ocorrências sem *Leg_NO*, verificou-se o correto funcionamento do programa. Foi comparado uma série de resultados escolhidos aleatoriamente e confirmou-se que estavam corretamente associados.

Na tabela 4.3 representa-se uma linha da tabela *Netline_AQD* exportada para a *SafetyDB*.

Tabela 4.3: Excerto da tabela final *Netline_AQD*.

LEG_NO	OCCURRENCE_NO	Day_of_Origin
76763426	O1-17	2017/01/01

4.2.2 *Netline* e AGS Eventos

Após testado os acessos às bases de dados do AGS para retirar os dados de FDM conseguiu-se perceber que o único acesso possível para visualizar a base de dados era através do programa *Sybase Central*, programa semelhante ao *MySQL Workbench*. Assim sendo testou-se a ligação *Sybase* e *SybaseIQ*, tendo conseguido ligação através da segunda alternativa, começa-se a investigar as tabelas e a perceber qual a informação que se deseja retirar. A primeira tentativa de implementação e tratamento dos dados foi baseada na primeira ligação efectuada com sucesso, explicada em 4.2.1.

Assim, a limpeza dos dados começa com a eliminação dos eventos não validados ou invalidados, tendo sido colocado um filtro na *query* feita à base de dados do AGS. Executam-se os mesmos passos para criar a chave, mas desta vez testa-se criar as chaves na *query*, não obtendo resultados com diferenças significativas. Os dados obtidos do AGS apresentam a mesma informação do que os dados do *AQD*. Filtram-se as linhas nas quais o campo de *Arrival* ou de *Departure* são nulos, pois pode ser impossível associar a um voo devido a uma falha ou à perda de dados.

Inicia-se o processo de procura dos dados de uma tabela na outra, não existindo o problema das datas, porque neste caso encontram-se disponíveis tanto a data do voo como a data do evento em si.

Para eliminar os eventos repetidos ordenam-se os mesmos por *Leg_NO* e por *Event.ID* e de seguida utiliza-se o *Unique Rows* para eliminar repetições. A categoria dos eventos não se encontra na tabela inicial, através de um *stream lookup* procura-se numa tabela extraída do AGS a que categoria pertence cada evento, utilizando o *event descriptor* para a associação.

No final exporta-se a tabela *netline_dm2* através do *Insert/Update* que tem o mesmo comportamento da ligação anterior.

Os testes foram executados para garantir que os eventos eram todos detetados, tendo sido encontrados eventos sem *Leg_NO* associados. Após investigação, percebeu-se que estes eventos têm origem em voos de teste ou de instrução, não contabilizados nos estudos estatísticos da empresa.

Com a monitorização contínua da qualidade dos dados, começou a verificar-se diferenças no número de eventos, ou seja, o número de eventos de severidade 2 e 3 não era igual com os resultados do programa de onde estes dados são extraídos.

Investigando a extração e o tratamento dos dados, foi possível perceber que certos eventos não eram extraídos para a base de dados, devido ao facto do parâmetro de comparação ser a data mais o número de voo e estes não coincidirem. O motivo deste incoerência deve-se ao facto da base de dados do *Netline* identificar os voos de duas formas distintas, *Flight Number (Flight_NO)*, que consiste num conjunto de três ou quatro números, sem identificação da companhia, e *Call_Sign* que pode ter ou não a identificação da companhia e é composto por três números e uma letra. Ao contrário do *Netline* que utiliza sempre o *Call_Sign*, o *AGS* nem sempre utiliza o mesmo tipo de identificação tendo sido necessário fazer as duas comparações distintas. O *Call_Sign* é o número de voo mas com o último dígito trocado por uma letra, criado quando existem números de voo muito idênticos e como forma de prevenir um engano.

Assim sendo, é necessário criar uma chave com o *Call_Sign* e outra com o *Flight_NO*, fazendo a pesquisa em dois ramos consecutivamente. Em ambos os ramos, são eliminados os eventos sem voo associado, ordena-se pelo *Leg_NO* e juntam-se ambas as tabelas.

Após esta alteração, executou-se uma nova extração da tabela final e quando comparada com a tabela original conclui-se que eram iguais.

Na figura 4.2 pode-se observar o esquema final das transformações executadas no *Pentaho*.

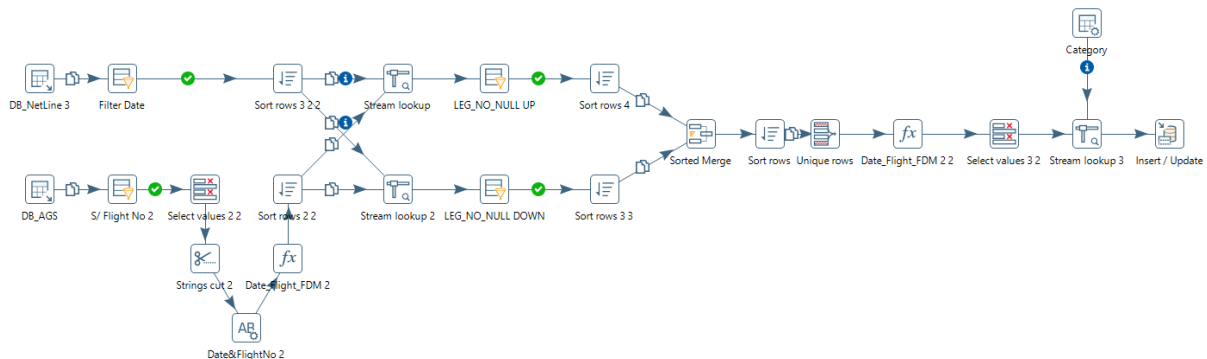


Figura 4.2: Esquema das transformações em *Pentaho* do *Netline* e *AGS* Eventos

4.2.3 *Netline* e *AGS* Voos

Com os eventos e os *Leg_NO* associados ainda eram precisos mais dados para executar a análise estatística de FDM. Para além de ser importante estudar os eventos deve-se perceber qual a qualidade dos dados de voo, ou seja, qual a quantidade de dados de voo que foram conseguidos extrair do avião e qual a quantidade de dados perdida, bem como saber em específico esta informação por avião e por frota.

A perda de dados de voo é prejudicial, podem não ser detetados eventos com necessidade de inspeção ou manutenção e aquando de uma ocorrência os dados de voo podem não estar disponíveis.

Assim sendo, deve ser feita a monitorização contínua da qualidade de dados de voo e se algo começar a falhar informar a manutenção.

Para recolher estes dados não se pode utilizar a ligação anterior, como nem todos os voos têm eventos de severidade 2 ou 3, iriam existir voos não contemplados, mas para além da tabela com os eventos existe uma tabela com todos os voos analisados pelo AGS. De forma a extrair estes dados replica-se o programa anterior alterando apenas a origem dos dados, passa de ser a tabela de eventos do AGS para a tabela de voos.

Na figura 4.3 pode-se observar o esquema final das transformações executadas no *Pentaho*.

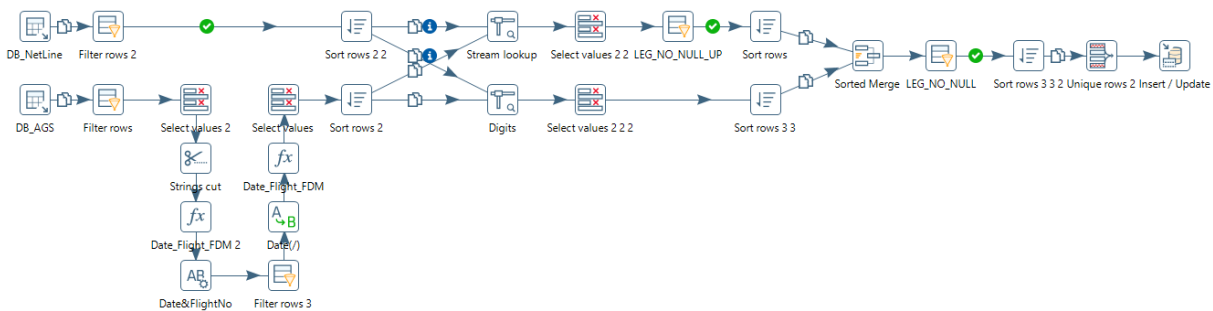


Figura 4.3: Esquema das transformações em *Pentaho* do Netline e AGS Voos

A tabela final *Netline_AGS* é por fim guardada na base de dados e pode ser visualizado um pequeno excerto desta na tabela 4.4.

Tabela 4.4: Excerto da tabela final *Netline_AGS*.

LEG.NO	FLIGHT_NO	AC.TAIL	ARRIVAL_AIRPORT	DEPARTURE_AIRPORT	Take off Date
76763426	TAP321	CS-TPQ	LIS	MAN	2018/01/02

4.2.4 Tripulação e Voo

Na análise dos eventos e das ocorrências surgem por vezes questões relacionadas com o que aconteceu ou o porquê de uma determinada decisão e nestes momentos o melhor a fazer é contactar diretamente o comandante e o co-piloto. Outra informação também útil é saber qual a experiência de ambos com o avião em questão dentro da companhia, esta informação encontra-se disponível nas bases de dados da companhia.

A lista de tabelas é extensa o que tornou a pesquisa difícil, mas o resultado foi positivo. No *Netline* existe, a tabela *OPS_LEG_CREW* com a informação da tripulação de cada voo, a tabela *Qualification* com as datas das licenças e a data de entrada para a companhia e por fim a tabela dos voos.

De forma a juntar esta informação toda numa só tabela decidiu-se ir a todos os voos do AGS e associar detalhes do voo em si retirados do *Netline* pertinentes para a análise, como as horas de partida e de chegada. Para este primeiro passo utilizou-se a tabela na base de dados do *safety* posteriormente criada na interligação do *Netline* com o AGS.

Noutro ramo separado retira-se do *Netline* a informação da tripulação por voo. A tabela do *Netline* está estruturada da seguinte forma, *Leg_NO*, nome do tripulante e função.

De forma a organizar a informação com a mesma estrutura do resto das tabelas decidiu-se fazer a desnormalização das colunas, *row denormaliser*, obtendo assim uma linha por voo. Por vezes, no mesmo voo existe mais do que um comandante ou co-piloto, como por exemplo a quando de verificações de linha por parte do departamento de formação. Nestes casos para se conseguir ter as datas das licenças separadas, decidiu-se utilizar a ferramenta *split fields* definindo como delimitador a vírgula, este passo tanto é executado para os comandantes como para os co-pilotos. Juntam-se os dados de voo aos dados da tripulação através de um *Stream Lookup*.

Após a junção, inicia-se a procura em quatro fases diferentes, utilizando o *Stream Lookup* para cada uma delas, fazendo filtro na *query* pela posição ocupada na tripulação de forma a ser mais rápida a pesquisa. Esta executa-se através do nome do tripulante e do tipo de aeronave, pois existem pilotos com mais do que uma licença.

No final, antes de exportar a tabela, *crew*, eliminam-se os dados repetidos, o tipo de aeronave, a coluna inicial com os dois comandantes juntos e a coluna com os dois co-pilotos.

Tem-se deixado por norma um *select values* no final, uma vez que através deste é possível alterar o nome e a ordem das colunas, o formato de dados, entre outros fatores, podendo ser útil numa alteração futura. Coloca-se este bloco no final, por implicar menos alterações na cadeia de recolha e transformação de dados.

Na figura 4.4 pode-se observar o esquema final das transformações executadas no *Pentaho*.

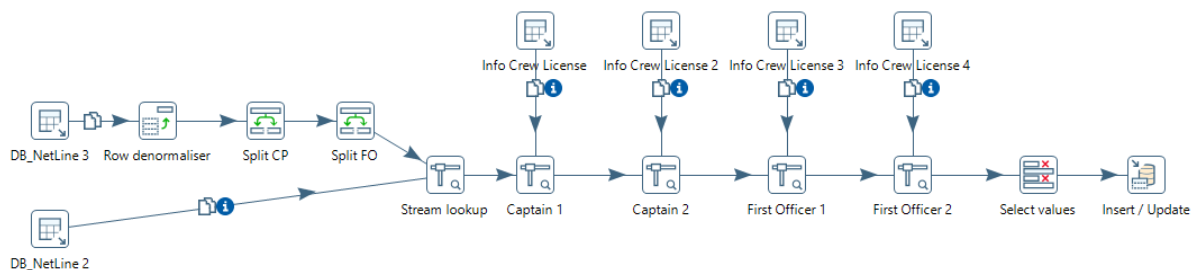


Figura 4.4: Esquema das transformações em *Pentaho* do *Netline Voos* e *Netline Crew*

A tabela final tem como base a tabela 4.4 mas adicionam-se as colunas da tabela 4.5.

Tabela 4.5: Excerto da tabela final *crew*.

Captain1	Captain1_Valid	Captain2	Captain2_Valid	FO1	FO1_Valid	FO2	FO2_Valid
Name	AAAA/MM/DD	Name	AAAA/MM/DD	Name	AAAA/MM/DD	Name	AAAA/MM/DD

4.2.5 **Netline e AGS todos os Eventos**

Os eventos que devem ser analisados ao pormenor são sem dúvida os com maior severidade, mas os restantes devem ser analisados com alguma atenção e podem ser traçadas tendências interessantes, por exemplo, para o treino. Assim sendo, decidiu-se incluir uma tabela com todos os eventos independentemente da severidade.

Para esta implementação utilizou-se o programa desenvolvido em 4.2.2 alterando o filtro presente na *query* que procura apenas os eventos validados para que este selecione os eventos validados e os não avaliados. Por fim exporta-se a tabela com o nome de *all_events* e com o mesmo formato da tabela gerada em 4.2.2.

4.2.6 **Junção de todas as bases de dados**

O objetivo final desta tabela era a associação de todas as informações sobre os eventos, a tripulação, as ocorrências e as METARs, com o objetivo de auxiliar não só num futuro tratamento e análise dos dados em termos estatístico mas principalmente aquando de uma análise de um evento ou ocorrência específicos a informação se encontrar toda agregada e organizada.

Os eventos, a tripulação e as ocorrências são extraídas diretamente das tabelas anteriormente criadas e alocadas na base de dados do Departamento de *Safety* e a informação para as METARs, dia, hora e aeroporto, são extraídas de uma tabela criada pelo Departamento de Engenharia de Operações, da empresa, e exportada para a uma base de dados interna ao departamento. Foi pedido e facultado um acesso a estas informações para o Departamento de *Safety* com a finalidade de responder às *queries* efectuadas. Uma tabela criada manualmente, *airports*, e alocada na base de dados do Departamento de *Safety* contém o dicionário dos códigos dos aeroportos de forma a transformar o código ICAO no código IATA do aeroporto em questão.

Para por fim se ir buscar a METAR em si, utiliza-se um novo bloco de pesquisa, *Database Value Lookup*, consiste no mesmo que o *Lookup Value* mas extrai a informação no estado em que se encontra na tabela, não possibilitando a transformação dos dados no momento da *query*. Neste caso não sendo necessário qualquer alteração é preferível utilizar este método, não extraindo os dados na sua totalidade, mas sim apenas os necessários. Acede-se novamente à base de dados do Departamento de Engenharia de Operações e os dados são extraídos para a tabela, com a respetiva METAR do aeroporto de partida e do de chegada.

Antes da exportação para a *SafetyBD* da tabela final, *fdm_occ_crew*, preparam-se os dados, retirando a palavra *Class* e o espaço entre a palavra e o número da severidade, através do *String Cut*. Organizam-se as colunas da forma pretendida, *Select Values*, e ordenam-se as mesmas, *Sort Rows*, antes de retirar as linhas duplicadas, *Unique Rows*.

Como último passo antes da exportação filtram-se as linhas por severidade 2 e 3, excluindo os restantes eventos.

Na figura 4.5 pode-se observar o esquema final das transformações executadas no *Pentaho*.

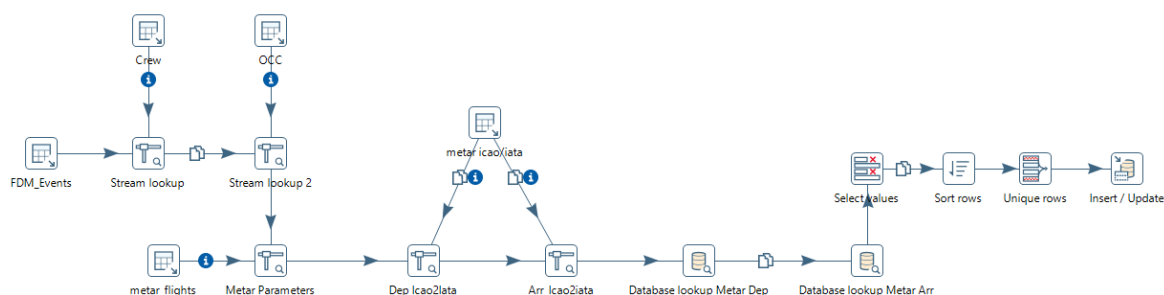


Figura 4.5: Esquema das transformações em *Pentaho* de todas as tabelas incluindo METARs

4.3 Dashboard

Após a introdução aos *dashboards* feita em 3.5 começou-se a pensar em como desenvolver um, mas surgiam várias dúvidas sobre como, criar e desenvolver um *dashboard*, como introduzir os dados e criar as relações entre eles, como escolher os dados a apresentar e qual o melhor formato de apresentação de cada tipo de dado.

4.3.1 Programa

Desde o início da tese este foi um tema bastante discutido, pois era um trabalho que existia interesse e extrema importância em desenvolver. Não se sabia como criar um *dashboard*, se era necessário desenvolver uma aplicação, uma página web, ou se existia algum programa onde fosse possível a sua construção, como o *Excel*. Todas eram possíveis de executar, mas a *Microsoft* apresentava uma solução, um programa baseado em *Excel* mas com uma vertente gráfica melhorada, o *PowerBI*.

O *PowerBI* consiste num programa que permite obter dados de diversas fontes, transformá-los e visualizá-los, possibilita também criar relatórios e ainda a sua partilha [68]. À primeira vista, tem um aspecto muito idêntico aos restantes programas da *Microsoft*, apresentando uma interface *user friendly* como se pode ver na figura 4.6.

No entanto não era este o programa utilizado na empresa para este efeito, utilizava-se o *Tableau* [69]. Um programa com a mesma funcionalidade, com ferramentas muito idênticas mas quando comparado com o *PowerBI* chegou-se à conclusão que era mais complexo e menos *user friendly*, como pode ser verificado na figura 4.7.

Ambos os programas têm versão *desktop*, versão *Web* e versão *mobile* por isso não foi um dos factores que influenciou na escolha do programa.

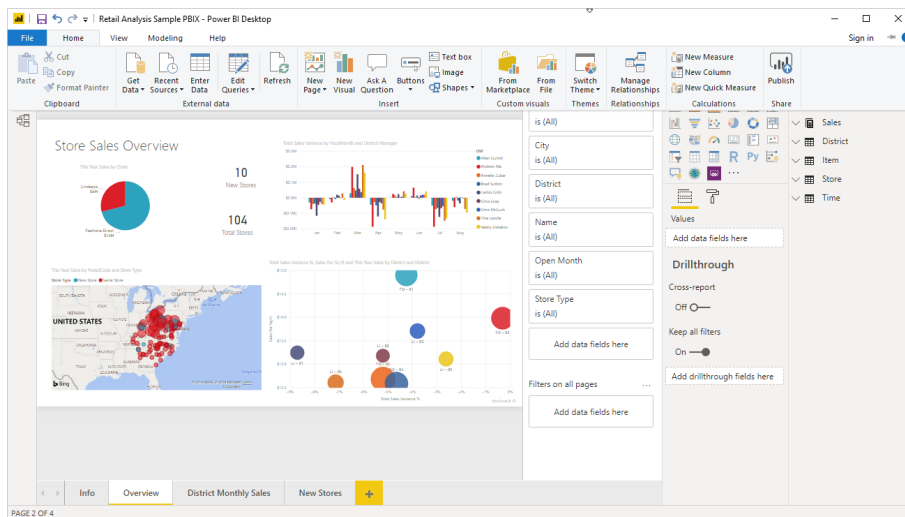


Figura 4.6: Interface de criação de dashboards do programa *PowerBI* adaptado de [68]

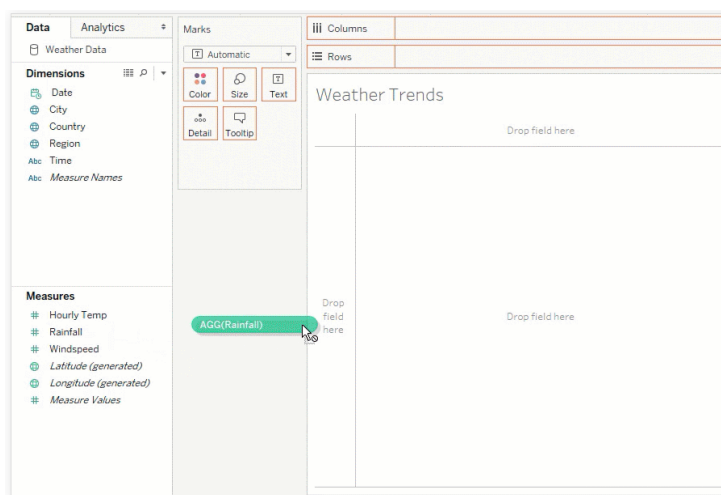


Figura 4.7: Interface de criação de dashboards do programa *Tableau* adaptado de [69].

Foi escolhido o *PowerBI*, não apenas pela sua interface familiar dos produtos da *Microsoft* mas também pelo facto de os programas com esta origem serem preferidos na empresa. Outra razão que levou à escolha deste programa foi a introdução do *Microsoft Azure* na empresa, uma *cloud* que pode funcionar como servidor e que no futuro poderá vir a ser o local onde as bases de dados estarão alojadas. Nas versões pagas, o *Tableau* torna-se mais dispendioso e limitado no número de utilizadores.

Tendo em consideração o trabalho desenvolvido por Samaniego [28], onde se executa um estudo sobre as cores a utilizar na apresentação de dados, desenvolveu-se a paleta de cores presente na figura 4.8.



Figura 4.8: Paleta de cores desenvolvida com base no trabalho de Samaniego [28].

A cores frias, verdes, têm origem no verde da Portugalia e as cores quentes, amarelos, são as cores complementares. Inseridas no *PowerBI* estas ficam definidas como as cores principais e quando é necessário utilizar mais do que as apresentadas este escolhe automaticamente cores diferentes.

4.3.2 Introdução de Dados

Escolhido o programa no qual se vai criar o *dashboard*, inicia-se o processo de introdução dos dados, as ligações são executadas de uma forma parecida ao *pentaho*. Mas para além das ligações a base de dados permite ainda inserir dados a partir de ficheiros *excel*, texto, PDF, entre outros. Tem ainda a possibilidade de aceder a dados nos diversos formatos do *Azure*, de *websites*, serviços *online*, *scripts* de *python* e de *R* ou mesmo criar uma *query* em branco.

Percebido como se executam ligações tentou-se aceder à base de dados principal onde se encontram as tabelas criadas, *SafetyBD*. Na ligação escolhe-se *MySQL database*, inserem-se as credenciais de entrada e são disponibilizadas de imediato as tabelas disponíveis.

Inseriu-se as principais tabelas: *netline_aqd*, *netline_ags*, *netline_fdm*, *netline_all_events* e *airports*.

4.3.3 Preparação de Dados

Com as tabelas inseridas deu-se início ao teste de visualizações, com o objetivo de perceber como funcionava o programa e como se selecionavam os dados.

Mas surgiu a primeira questão quando se tentava introduzir um filtro temporal, não funcionava com todas as tabelas de igual forma, por estas terem a data em formatos diferentes e dentro da mesma tabela existir por vezes mais do que um campo de data. Duas soluções foram encontradas, ou se alterava o formato da data ou se fazia o filtro de outra forma.

Colocando as datas com o mesmo formato percebeu-se que o filtro ficaria exatamente com o formato desta, *aaaa/mm/dd*, e não como era pretendido. Pretendia-se um filtro livre com possibilidade de selecionar o ano, o trimestre, o mês ou mesmo o dia. Ao investigar como resolver este problema encontrou-se uma ferramenta para o *PowerBI*, *Data Analysis Expressions* (DAX), que tem como objetivo resolver problemas de análise de dados e de cálculo básico.

A ferramenta DAX disponibiliza uma coleção de funções, operadores e constantes que podem ser utilizados em fórmulas, em expressões ou para calcular valores, ou seja, auxilia na criação de novas informações a partir de dados. Através da seguinte função DAX (*start_date end_date*) foi possível criar o calendário, não funcionando o filtro como pretendido. Nesta função define-se o início e o fim do calendário, tendo sido escolhido como início o ano de 2018, por ter sido o ano de integração total do *software* de FDM e de reporte, e o fim o ano de 2021 de forma a não aparecer no filtro uma longa lista de datas sem informação.

Para acrescentar a informação necessária é preciso criar colunas extras com o ano, trimestre, mês e dias da semana, o código utilizado encontra-se disponível em [70]. Com a data a funcionar e tendo sido percebido como criar visualizações decidiu-se parar a implementação e definir que dados se iriam apresentar e quais as relações e transformações que seria necessário criar.

Achou-se relevante ter discriminado o número de voos executados para perceber qual a dimensão da operação e contextualizar os indicadores e métricas a apresentar. Para isso era necessário criar uma nova ligação, diretamente ao *Netline*. Mas a introdução deste no conjunto de dados possibilitou a criação de uma estrutura diferente.



Figura 4.9: Esquema das bases de dados sem relações entre elas criadas.

Observando a figura 4.9, percebe-se que passa a fazer mais sentido ligar a função data à data do voo no *Netline* e a partir deste fazer as restantes ligações através do *Leg_NO*. Introduzida esta ligação percebeu-se que a tabela *netline_aqd* apenas fazia a ligação entre ambas as tabelas mas não continha informação possível de apresentar sem ser a quantidade de ocorrências numa determinada data ou por um determinado número de voos. O que se pretendia era criar a possibilidade de estudo das ocorrências por *Root Cause*, *Event Type*, *Event Descriptors*, *Immediate Effect*, *Operational Effect* e *ATA Code*. Necessita-se para o efeito de introduzir a tabela original *OC_OCCURRENCE* que contém toda a informação relativa às ocorrências. O *PowerBI* disponibiliza ligações via *JDBC*, neste caso, sendo um programa da *Microsoft* este tipo de ligação é denominada de *Open Database Connectivity (ODBC)*, duas conexões com o mesmo objetivo mas desenvolvidas por empresas diferentes.

Com a ligação executada, a tabela organizada, as colunas seleccionadas e verificado a existência de informação duplicada era necessário a inserção do elemento chave para a ligação às restantes tabelas, o *Leg_NO*.

Através do *Merge Queries* foi possível criar uma nova coluna nesta tabela com os respectivos *Leg_NO* associados a cada ocorrência. Sabes-se que um *Leg_NO* pode ter mais do que uma ocorrência associada mas uma ocorrência não pode ter mais do que um *Leg_NO*, ou seja, um voo pode ter mais do que uma ocorrência, mas a mesma ocorrência só é relatada num único voo.

Reorganizam-se as colunas de forma a que o *Leg_NO* seja o primeiro elemento, mas surge mais uma questão, nesta tabela não se encontra descrito através de nome, mas sim em forma de número a que departamento corresponde a ocorrência. Para executar esta descodificação encontrou-se a tabela *GN_ORGANISATION_STRUCTURE.PORT* na base de dados do *AQD* e executou-se a associação

através de um novo *Merge Queries*.

Pode-se começar a criar as ligações entre as tabelas, o calendário é ligado à tabela do *Netline* associando a *Date* ao *DAY_OF_ORIGIN*, respetivamente. E a tabela do *Netline* é ligada à tabela do *OC_OCCURRENCE* associando *Flight Cycles* ao *Leg_NO*.

Para se conseguir ter todas as informações inicialmente pensadas era necessário consultar a tabela *OC_OCCURRENCE_EVENTS* onde era possível encontrar a restante informação, mas apercebeu-se de que a leitura desta tabela verificando-se que o processo para retirar a informação não era direto.

Em primeiro lugar, necessitou-se de expandir outras tabelas dentro desta, ou seja, a organização do *AQD* funciona como um dicionário, existem tabelas chave com informação geral a todas as tabelas e onde cada tabela vai consultar os índices que utiliza. Ao mesmo tempo existem tabelas que incluem outras tabelas dentro delas. Esta organização dificulta a consulta e a criação de tabelas finais, existe muita informação disponível e localizada em tabelas diferentes.

A informação estava toda presente, mas na forma como se encontrava organizada não era possível a utilização de filtros através da interactividade nos gráficos. A informação que pertence à mesma ocorrência, tem o mesmo *OCC_NO* mas cada informação encontra-se numa linha diferente como se pode verificar na tabela 4.6.

Tabela 4.6: Excerto da tabela *OC_OCCURRENCE_EVENTS* após transformação inicial.

A ^B _C OCCURRENCE_NO	A ^B _C Object	A ^B _C Descriptor	A ^B _C AQD.OC_OCCURRENCE.OCCURRENCE_TITLE
O1-16	Event Descriptors PGA	Flight Crew Fatigue/Stress	Early flight and long legs LGW (previous 2 days with early morning flig...
O1-16	Fatigue Reason	Duty itself	Early flight and long legs LGW (previous 2 days with early morning flig...
O1-16	Root Cause	ORG	Early flight and long legs LGW (previous 2 days with early morning flig...
O1-16	Event Type	Flight Management	Early flight and long legs LGW (previous 2 days with early morning flig...
O1-17	Immediate Effect	Go Around	Diverted due to fog in LYS alternated to MRS
O1-17	Root Cause	ENV	Diverted due to fog in LYS alternated to MRS
O1-17	Event Type	Weather	Diverted due to fog in LYS alternated to MRS
O1-17	Event Descriptors PGA	Fog	Diverted due to fog in LYS alternated to MRS
O1-17	Operational Effect	Diversión	Diverted due to fog in LYS alternated to MRS
O1-18	Root Cause	ENV	Flap overspeed during windshear Escape Guidance maneuver with Fla...
O1-18	SSP Events	Weather and Environmental Encounters WakeTurb and WindSh...	Flap overspeed during windshear Escape Guidance maneuver with Fla...
O1-18	SSP Category	LOC-I: Loss of control - inflight	Flap overspeed during windshear Escape Guidance maneuver with Fla...
O1-18	Immediate Effect	Altitude Deviation	Flap overspeed during windshear Escape Guidance maneuver with Fla...
O1-18	Event Type	Weather	Flap overspeed during windshear Escape Guidance maneuver with Fla...
O1-18	Event Type	Flight Management	Flap overspeed during windshear Escape Guidance maneuver with Fla...
O1-18	Event Descriptors PGA	Aircraft limit exceedance	Flap overspeed during windshear Escape Guidance maneuver with Fla...
O1-18	Event Descriptors PGA	Windshear	Flap overspeed during windshear Escape Guidance maneuver with Fla...

De forma a permitir interatividade era necessário passar a ter uma linha por ocorrência e várias colunas com a informação pretendida. Agrupou-se a informação por ocorrência e utilizou-se a função *Pivoted Column* obtendo a tabela da tabela 4.7.

Tabela 4.7: Excerto da tabela *OC_OCCURRENCE_EVENTS* após *Pivoted Column*.

A ^B _C OCCURRENCE_NO	A ^B _C Root Cause.Descriptor	A ^B _C Event Type.Descriptor	A ^B _C SSP Events.Descriptor	Operational Phase	A ^B _C Event Descriptors PGA.Descriptor
O1-16	ORG	Flight Management		null	null Flight Crew Fatigue/Stress
O1-17	ENV	Weather		null	null Fog
O1-18	ENV	Weather	Weather and Environmental Encounters WakeTurb and WindShear		null Aircraft limit exceedance
O1-18	ENV	Weather	Weather and Environmental Encounters WakeTurb and WindShear		null Windshear

A tabela *GN_ORGANISATION_STRUCTURE_PORT* anteriormente utilizada e agora renomeada para *OC_OCCURRENCE (areas)* foi ligada à *OC_OCCURRENCE*, associando o *ORG.ITEM_ID* ao *OCCUR-*

RENCE_OWNER, respetivamente.

As ligações fazem-se no fluxo que se pretende que a informação se dirija, sendo importante ter em atenção qual o tipo de interligação, pois existem quatro tipos diferentes: muitos para um(*:1), um para um(1:1), um para muitos(1:*) e muitos para muitos(*:*).

De forma a executar a escolha de relações mais acertada, analisou-se caso a caso. Em cada ligação foi necessário perceber qual a direção do fluxo de dados e verificar também qual a quantidade de dados a ligar entre os dois. Durante as ligações, por vezes, foram encontradas falhas não disponibilizando a informação na totalidade devido ao facto destas não estarem definidas da melhor forma. Na figura 4.10 podem-se observar-se as ligações finais e qual o tipo de interação entre as tabelas.

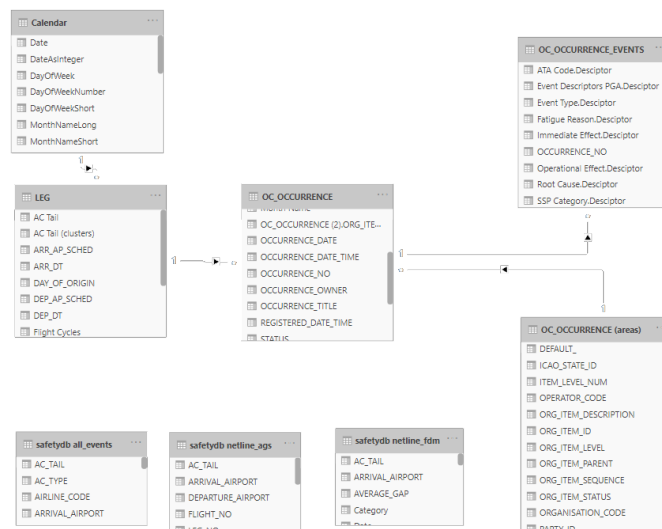


Figura 4.10: Esquema de ligações entre o *Netline* e o *AQD*.

Devido à necessidade do estudo para os SPIs da empresa, de quantas horas em média se demora a reportar uma ocorrência e quanto tempo esta demora a ser notificada às autoridades, decidiu-se tentar apresentar esta informação também na tabela *OC_OCCURRENCE*, a tabela base do *AQD*.

Para executar as contas do número de horas de reporte das ocorrências e o tempo entre ser reportado e ser notificado à autoridade. utilizando a ferramenta DAX.

Para este efeito criaram-se duas novas colunas uma para cada cálculo, *Tempo de Reporte*, 4.1, e *Tempo de Notificação*, 4.2. Mas esta fórmula não apresenta o resultado em horas mas sim em *dd.hh:mm:ss*,o que para monitorizar o cumprimento das 72 horas de notificação à autoridade não era eficaz.

$$TempodeReporte = Duration.ToText([system_date_time] - [occurrence_date_time]) \quad (4.1)$$

$$TempodeNotificacao = Duration.ToText([registered_date_time] - [system_date_time]) \quad (4.2)$$

Utiliza-se uma função interna do *PowerBI*, *Calculated Total Hours* para apresentar os dados com o formato desejável.

Após este passo era interessante saber qual a quantidade de ocorrências ainda em análise, ditas não fechadas, para isso, voltou-se atrás na transformação e procurou-se a coluna *Status* que tinha sido eliminada logo no início.

A possibilidade de alterar a transformação em qualquer altura permite fazer alterações sem grandes constrangimentos. Com a implementação do *AQD* concluída decidiu-se passar para a o tratamento de dados de *FDM*, uma vez com as tabelas inseridas apenas faltava as ligações.

Existia no entanto algo que não sabendo se viria ou não a ser útil, se decidiu fazer tendo as ocorrências associadas aos eventos, incluir a *Root Cause* e o *Event Descriptor* na tabela *all_events*. Para isso criou-se uma nova ligação à base de dados do *AQD* e acedeu-se à mesma tabela. A transformação baseou-se na eliminação de colunas, na organização das restantes e no agrupar dos dados por ocorrência, de forma a que ao ser duplicado para o outro caso pretendido não fosse necessário executar todas as transformações novamente.

Após o agrupamento executa-se um filtro por *Root Cause* e duplicando a tabela consegue-se alterar o filtro para *Event Descriptor* e assim sucessivamente para os dados desejados.

O resultado pode ser visualizado na tabela 4.8.

Tabela 4.8: Excerto da tabela com a *Root Cause* para interligar ao *FDM*.

OCURRENCE_NO	Root Cause.Descriptor	Event Type.Descriptor	SSP Events.Descriptor	Operational Phase	Event Descriptors PGA.Descriptor
01-16	ORG	Flight Management		null	Flight Crew Fatigue/Stress
01-17	ENV	Weather		null	Fog
01-18	ENV	Weather	Weather and Environmental Encounters WakeTurb and WindShear		Aircraft limit exceedance
01-18	ENV	Weather	Weather and Environmental Encounters WakeTurb and WindShear		Windshear

Criam-se assim as novas ligações da tabela *netline.fdm* às duas novas tabelas como se pode verificar na figura 4.11.

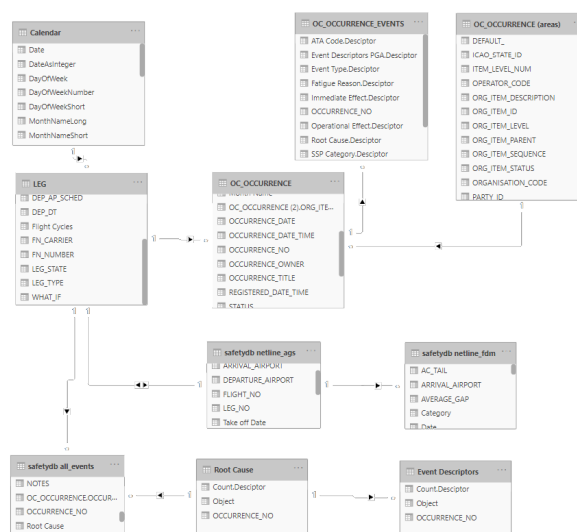


Figura 4.11: Esquema de ligações entre o *Netline*, o *AQD* e o *FDM*.

Capítulo 5

Resultados

Dado como finalizado a preparação dos dados pode iniciar-se a parte gráfica do *dashboard*. Transversal a todas as páginas ficou definido desde o início que era obrigatório incluir um filtro de data e um indicador numérico com o número de voos executado no período selecionado.

Tal como o número de voos, nas páginas relacionadas com ocorrências coloca-se também um indicador numérico com o número de ocorrências no período de tempo selecionado, sendo que a data está no topo da cadeia de relações das bases de dados, qualquer filtro selecionado por data irá ter ação sobre todos os outros dados.

No caso das ocorrências, estas estão associadas a um reporte que por sua vez são divididos por tipo: serviço de tráfego aéreo, fadiga, voo, cabine, *ground*, manutenção, inspeção *Safety Assessment of Foreign Aircraft (SAFA)*, treino ou voluntário.

Ficou definido que os dados apresentados em relação às ocorrências são os pontos referidos anteriormente: *Root Cause*, *Event Type*, *Event Descriptors*, *Immediate Effect*, *Operational Effect* e *ATA Code*.

Pretende-se também executar um estudo individual por aeroporto e fazer uma tabela com os dados relativos às datas de reporte, de notificação e os tempos de reporte e de notificação. Para executar a apresentação dos dados é necessário definir o que se pretende medir, como se deve legendar e como se devem ser apresentados os dados, no caso das ocorrências, a legenda de cada visualização será os descritivos e separadores em cada medida e o que se pretende medir é o número de ocorrências.

A contagem pode ser num total de dados ou não contabilizar repetições, neste caso, dado o formato de dados apresentado na tabela 4.7 escolheu-se fazer uma contagem distinta. Em relação ao formato, escolheu-se para esta informação dois tipos diferentes de visualizações: *donut* e um gráfico de barras horizontal. A escolha por dois tipos diferentes deveu-se ao facto de ser importante saber a quantidade de ocorrências com um determinado *Event Type* ou *Event Descriptors*, mas o restante da informação tem maior interesse estar em forma percentual do total.

O resultado final pode ser visualizado na figura 5.1.

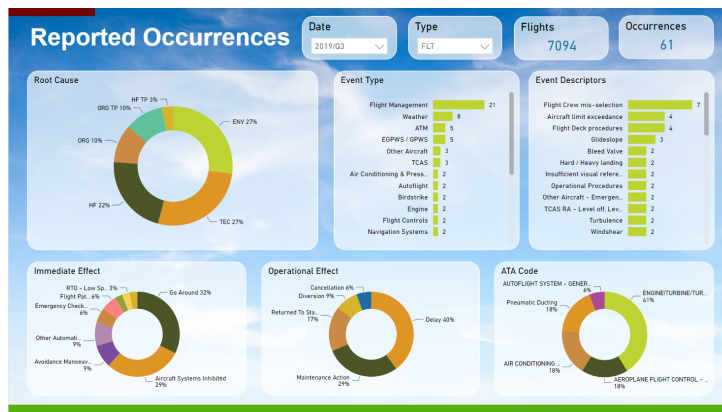


Figura 5.1: Página *Occurrences* do *dashboard* criado em *PowerBI*.

Na imagem 5.2 pode observar-se que relativamente aos *Event Descriptors* o que se pretende mostrar é o *top 5* das ocorrências. Mas na realidade aparecem oito itens diferentes, devido ao facto de sete dos itens apresentados terem o mesmo valor.

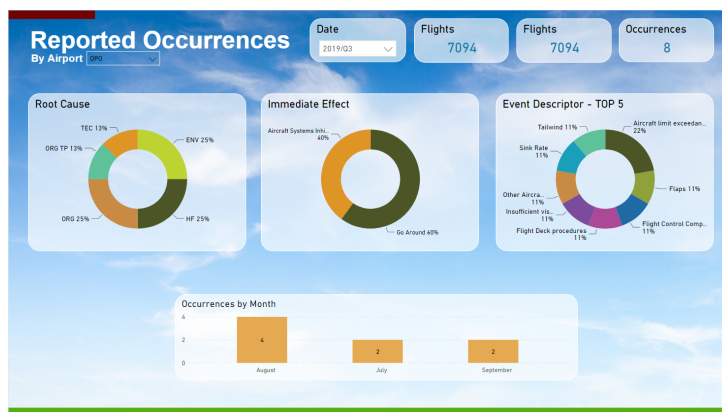


Figura 5.2: Página *Occurrence by Airports* do *dashboard* criado em *PowerBI*.

A última página com informações sobre as ocorrências, que se pode visualizar na figura 5.3, contém as restantes informações relativas aos tempos de reporte, de notificação e número de ocorrências não fechadas.

Foi incluído um filtro para o estado da ocorrência, *Status*, para verificar facilmente quais as ocorrências ainda em progresso.

Passando para a apresentação de dados de FDM, a base para esta foram as próprias apresentações trimestrais, que até à conclusão deste trabalho os dados eram transformados em *Excel* e passados para *PowerPoint* para cada apresentação, não existindo um automatismo.

De forma a construir um *dashboard* com a informação correta fez-se um apanhado das últimas apresentações de FDM e durante as reuniões foram sendo anotadas as questões de forma a tentar apresentar os dados de forma clara e objetiva.

O objetivo das reuniões trimestrais de FDM é fazer um resumo do trimestre onde é referido, o número de voos analisados, a análise das excedências, um estudo pormenorizado sobre aeroportos de

operação crítica como Londres ou Florença e discute-se tanto os eventos como as consequências dos mesmos, são analisadas ainda medidas de mitigação.

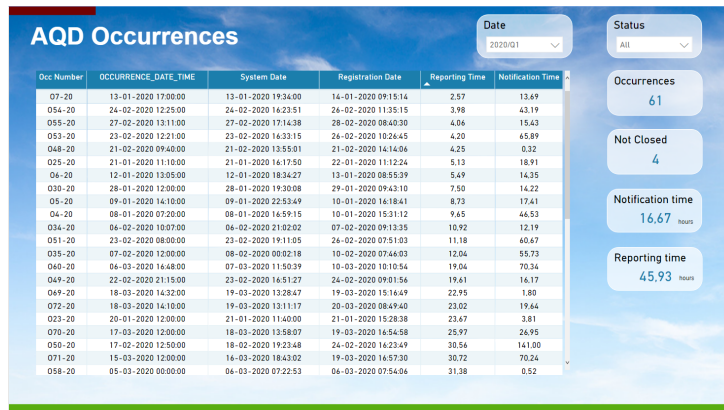


Figura 5.3: Página *Time/Reports* do *dashboard* criado em *PowerBI*.

Uma vez mais, ficou logo no início definido que era obrigatório inserir os dados possíveis presentes nas apresentações e que em todas as páginas devia existir um filtro de data e um indicador numérico com o número de voos executados, sendo assim, os dados foram divididos por temas em várias páginas.

A primeira página, *FDM Analyzed Sample*, contém uma tabela com as diversas matrículas dos aviões, os voos realizados, os voos analisados pelo *AGS* e a percentagem de voos analisados.

Para calcular a percentagem foi necessário recorrer novamente às formulas DAX, no modo de criação do *dashboard* para as utilizar é necessário criar uma nova medida. A esta medida foi dado o nome de *Analyzed Flights (%)* e a formula de cálculo utilizada foi 5.1, o cálculo de uma percentagem normal. Incluiu-se também um indicador numérico com o número e outro com a percentagem de voos analisados.

$$AnalyzedFlights(\%) = count('safetydbnetline_ags'[LEG_NO]) * 100 / LEG[FlightCycles] \quad (5.1)$$

Por ser mandatário pela autoridade que se análise de pelo menos 85% dos voos executados, o indicador da percentagem inclui uma meta, para definir esta meta no programa foi necessário inserir uma nova medida, 5.2 em forma de constante. O resultado final pode ser visualizado na figura 5.4.

$$AnalyzedPercentageGoal = 85 \quad (5.2)$$

Na segunda página, *FDM Analyzed Sample (2)*, representada na figura 5.5, são disponibilizados os dados da página anterior mas num formato diferente de apresentação, focado na perda de dados por avião.

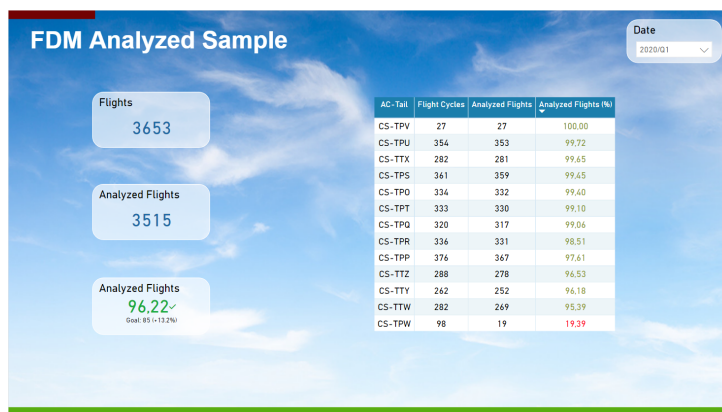


Figura 5.4: Página *FDM Analyzed Sample* do dashboard criado em *PowerBI*.

Escolheram-se dois gráficos de barras, onde o eixo do X contém as matrículas e o eixo do Y tem dois eixos, o da esquerda representa o número e o da direita a percentagem. O eixo da esquerda refere-se às barras, como se pode perceber através da legenda interna em cada barra e o eixo da direita à linha correspondente, em cima aos voos analisados e em baixo aos voos não analisados. Neste tipo de gráficos o *PowerBI* define o eixo do X como o eixo partilhado.

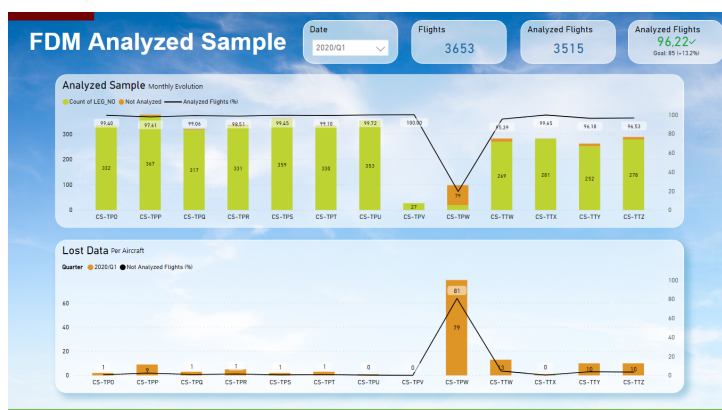


Figura 5.5: Página *FDM Analyzed Sample (2)* do dashboard criado em *PowerBI*.

No estudo dos eventos existem vários pontos que se deve ter em conta, a categoria da excedência, o número por categoria, a permilagem por categoria e a severidade dos eventos.

De todos os dados o único que falta é a permilagem, para o cálculo tentou utilizar-se uma ferramenta do *PowerBI*, *Quick Measure*, mas sem sucesso. Executou-se o cálculo da mesma forma que o da percentagem anterior. Uma vez mais, o *SPI Target* do gráfico de barras foi introduzido como uma constante através de uma nova medida, tal como se pode verificar na figura 5.6.

O gráfico localizado na base da página, contém também dois eixos do Y, sendo o esquerdo relativo às barras e o direito à *Measure Severity*, uma medida de número de eventos de severidade 3 em cada mil voos, e ao *SPI Target*. A medida *Measure Severity* foi calculada da mesma forma do que as anteriores percentagem e permilagem.

Na figura 5.6 o filtro temporal não tem influência no gráfico barras verticais, permitindo analisar a evolução anual em simultâneo com a análise trimestral.

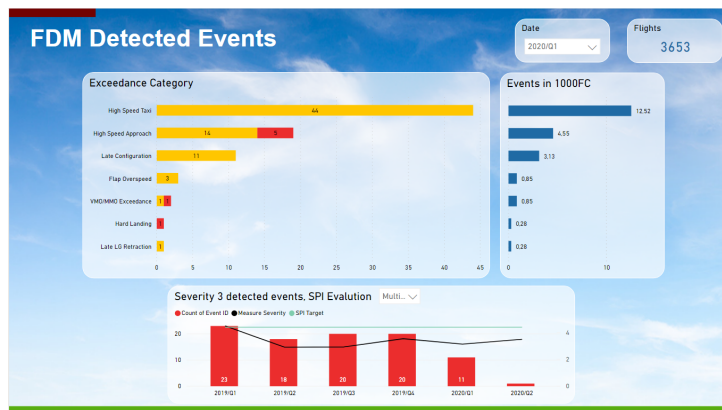


Figura 5.6: Página *FDM Detected Events* do Dashboard criado em PowerBI.

Relativamente aos eventos na sua generalidade, adiciona-se mais uma página, *FDM Detected Events by Airport*, representada na figura 5.7. Nesta insere-se um *donut chart* com o *Top 5* dos *Event Descriptor* e um gráfico de barras, onde no eixo X se encontram os diversos aeroportos, no eixo Y esquerdo o valor relativo aos número de eventos e no eixo Y direito o valor da permilagem de eventos.

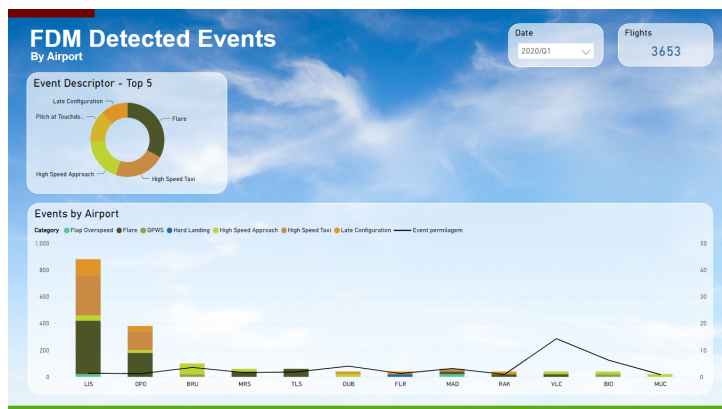


Figura 5.7: Página *FDM Detected Events by Airport* do dashboard criado em PowerBI

No gráfico *Events by Airport* pode-se encontrar um exemplo de que o valor da permilagem nem sempre consegue transmitir informação valiosa/pertinente, analisa-se este caso descrito na tabela 5.1.

Tabela 5.1: Tabela de eventos para o aeroporto de Valência.

Arrival Airport	Event Permilagem	Count of Flights	Count of Events
Valencia Airport	285.71	7	2

O valor da permilagem significa que em cada mil voos para este aeroporto poderiam existir 285.71 eventos, no entanto, apenas se voou 7 vezes para este aeroporto e existiram apenas 2 eventos. Os cálculos estão corretos, mas em termos estatísticos este valor é uma estimativa e pode não representar a realidade. Quando a amostra é maior, as previsões feitas têm maior valor e resultam dados mais

credíveis.

Seguindo a orientação das apresentações de FDM após a visão geral da operação ser apresentada debate-se a evolução de eventos específicos e estudam-se ao pormenor os de maior preocupação.

Assim sendo, os eventos que costumam ser analisados mais ao pormenor têm relação direta com as limitações da aeronave. Analisam-se os *Hard Landings*, *Maximum Operating Limit Speed* (VMO/MMO) e *Flap Overspeed*.

Inicia-se com o quadro dos *Hard Landings*, este está dividido em três tipos diferentes, *Normal Acceleration*, *Pitch Rate* e *Roll Rate*. A visualização escolhida foi igual ao que se fazia nas apresentações de FDM anteriores, não existindo razão para a mudança. Apresenta-se um gráfico de barras em que o eixo X representa o intervalo temporal e o eixo Y o número de eventos. As barras dividem-se em duas cores, amarelo (severidade 2) e vermelho (severidade 3), representativo da severidade do evento, tal como pode ser observado na legenda. Incluiu-se também a linha com os valores da permissão, calculada de igual forma às anteriores e presente em todos os gráficos de barras das páginas seguintes. Pode visualizar-se a página na figura 5.8.

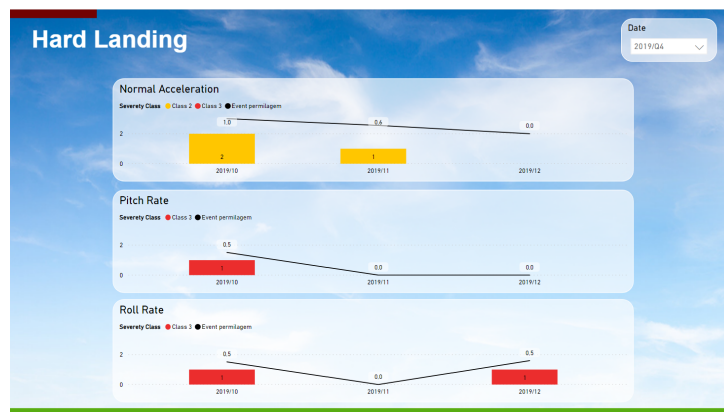


Figura 5.8: Página *Hard Landing* do *dashboard* criado em *PowerBI*.

O estudo do *VMO/MMO*, representa a velocidade máxima atingida em voo, a *VMO*, é a medida em nós da *True Airspeed* (TAS) até uma determinada altitude, *crossover altitude*, a partir da qual o limite de velocidade passa a ser expresso em número de *Mach* *MMO*.

Este estudo é importante por estar diretamente relacionado com os limites estruturais da aeronave. Assim sendo, representa-se a evolução através de um gráfico de barras com o mesmo formato dos anteriores.

Na figura 5.9 pode observar-se a evolução dos eventos *VMO/MMO* ao longo do ano de 2019. Foi escolhido este intervalo para este caso apenas de forma demonstrativa de como o filtro de data funciona.



Figura 5.9: Página VMO/MMO do dashboard criado em PowerBI.

Para os Flap Overspeed foi executado o mesmo tipo de apresentação das páginas anteriores e pode ser visualizado na figura 5.10.

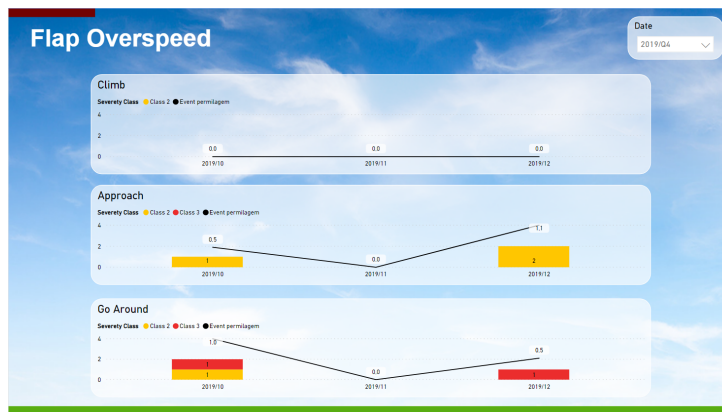


Figura 5.10: Página Flap Overspeed do dashboard criado em PowerBI.

Outros Estudos - Go Around

Desde o início da aviação comercial e da necessidade de melhorar as estatísticas dos acidentes, promovendo o *safety* da operação que diversos estudos levaram à conclusão de que o *Go Around*, é uma manobra que deve ser interpretada como *default* em todas as aproximações. Os pilotos devem recorrer ao *Go Around* sempre que as condições de *safety* não estejam reunidas e mais importante ainda sempre que se considere haver dúvida relativamente às condições de segurança.

Uma boa política de *Go Aroun*ds é um bom indicador relativamente à consciência dos tripulantes de uma companhia, mostra um elevado sentido de alerta e uma promoção de *safety* acima de qualquer outro factor.

Como tal o Departamento de *Safety* inclui em todos os estudos de FDM um estudo dedicado ao número de *Go Aroun*ds efetuados, indicando quais as *Root Cause* e os *Event Descriptors* principais.

Na Portugália, esta manobra tem como mandatário o preenchimento de um reporte de voo de forma a contextualizar a manobra. Nesta página decidiu-se incluir um indicador numérico com o número total de *Go Aroun*ds e um indicador com o número de reportes respetivos. Para executar esta medida

utilizou-se a tabela *all_events* e com auxílio das formulas DAX criou-se uma nova coluna que verifica no campo do título de reporte da ocorrência se existe alguma das palavras: *go around*, *go-around*, *ga*, utilizando a formula 5.3.

```

IF(
containsstring('safetydball_events'[OC_OCCURRENCE.OCCURRENCE_TITLE],"goaround")
containsstring('safetydball_events'[OC_OCCURRENCE.OCCURRENCE_TITLE],"go - around")||
containsstring('safetydball_events'[OC_OCCURRENCE.OCCURRENCE_TITLE],"ga"),
TRUE,
FALSE)

```

(5.3)

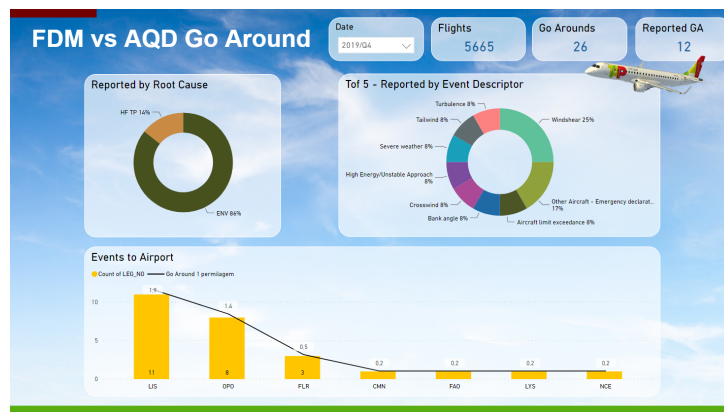


Figura 5.11: Página *Go Around* do *dashboard* criado em *PowerBI*.

Outros Estudos - *Unstable Approach*

Com a pandemia COVID-19 e a redução da operação aérea a IATA executou um estudo geral sobre os eventos e detetou um aumento significativo no número de aproximações não estabilizadas, *Unstable Approach*. Estas constituem riscos para a operação e são um precursor de eventos de alto risco, consistem em aproximações e são detectadas por incumprimento das SOPs da companhia [61] tornando-se assim, importante estudar a razão pela qual aconteceram, a *Root Cause*. Neste tipo de eventos deve ser considerada a utilização da manobra de *Go Around* como medida mitigadora, acrescentando-se mais uma página, figura 5.12, de forma a executar o estudo proposto e fazer uma monitorização futura.

Acedendo uma vez mais à tabela *all.events* criou-se uma nova medida com um filtro incorporado, fórmula 5.4, devido ao facto de para ser denominada de *Unstable Approach* tem que pelo menos conter um dos seguintes eventos: *High speed approach 1000 ft*, *Late Flap Setting*, *Late LG Extension* ou *Localizer deviation at 1000 ft*, *Above or Below Glideslope at 1000 ft* [61].

$$\begin{aligned} & \text{UnstableApproach} = \\ & \text{calculate}(\\ & \text{counte('safetyball_events'[LEG_NO]),} \\ & \text{'safetyball_events'[EVENT_DESCRIPTION]IN\{ } \\ & \text{"Highspeedapproach1000ft",} \\ & \text{"LateFlapSetting",} \\ & \text{"LateLGExtension",} \\ & \text{"Localizerdeviationat1000ft",} \\ & \text{"AboveGlideslopeat1000ft",} \\ & \text{"BelowGlideslopeat1000ft",} \\ & \text{"UnstableApproachat1000ft"} \\ & \text{\}} \\ & \text{) + 0} \end{aligned} \tag{5.4}$$

No final de 5.4 a soma de zero tem como objectivo colocar o valor de zero nos voos sem *Unstable Approach*.

De forma a calcular a permilagem, foi testada uma nova formula, 5.5, que tendo mostrado resultado positivo foi adaptada para o cálculo das percentagens e permilagens anteriores. A origem desta nova fórmula é o sistema de fórmulas rápidas do *PowerBI* para a percentagem e que foi adaptado para efetuar a conta da permilagem, que da primeira não tinha sido conseguido utilizar com sucesso.

```

UnstableApproachpermilagem =
var _baseline_value = 'safetydball_events'[UnstableApproach]
var _value_to_compare = 'safetydbnetline_aggs'[TotalFlightper Airports]
RETURN
IF(
NOTISBLANK(_value_to_compare),
DIVIDE(1000 * _baseline_value, _value_to_compare),
0
)

```

(5.5)

O zero no final de 5.5 tem o mesmo objectivo que a soma de um zero em 5.4, de forma a que nos gráficos a linha seja contínua e represente o valor de zero, algo que não acontecia com a utilização de 5.1.

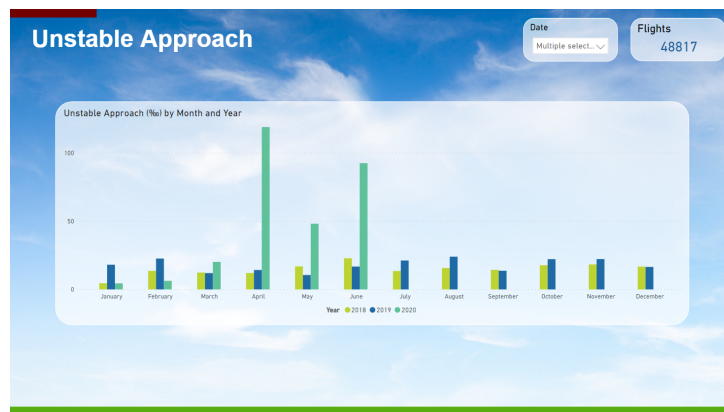


Figura 5.12: Página *Unstable Approach* do *dashboard* criado em *PowerBI*.

Capítulo 6

Conclusão

A investigação e compreensão sobre os sistemas de SMS na indústria, com especial atenção na aviação, e ênfase nos Departamentos de *Safety*, levou a que fosse à percepção do seu papel fundamental.

A compreensão do funcionamento da empresa e da importância do *safety* na área da aviação remete para a pertinência deste trabalho.

As melhorias e implementações efetuadas ao longo deste trabalho tiveram um impacto positivo nas funções desempenhadas no Departamento de *Safety* da Portugália.

6.1 Objectivos Alcançados

Com este trabalho foi possível acrescentar valor que é possível avaliar pela facilitação, integração, clarificação e simplificação do trabalho diário no Departamento de *Safety*.

Os objetivos propostos foram alcançados uma vez que foi possível criar uma bases de dados com informação do Netline, AGS, AQD e METARs e acessível através da consulta de *dashboard*.

Desta forma, passou a ser possível associar a informação entre si e executar estudos de uma forma mais prática e com menor probabilidade de ocorrência de erros. Realça-se que as transformações criadas no *Pentaho* têm um potencial de inúmeras aplicações adaptáveis a qualquer operação, a qualquer frota e a qualquer companhia, percebendo apenas quais os dados disponíveis e onde se podem alojar as novas tabelas criadas, ou seja, a transformação criada é replicável a novas fontes de dados, sendo esta uma maior valia deste trabalho.

Com os dados transformados foram criadas ligações entre as bases de dados o que possibilitou a apresentação dos dados em formato *dashboard* utilizando o *PowerBI* para o efeito. Esta nova forma visual de apresentar os dados simplificou a compreensão e discussão dos eventos em contexto de reunião de FDM. A possibilidade de executar filtros em tempo real, aceder a dados de períodos temporais anteriores, seleccionar dados e ver qual a contribuição e o impacto na operação, permitiu assim uma nova forma de análise e reflexão sobre decisões a tomar.

A possibilidade de actualização diária dos dados passou a permitir que se execute uma monitorização

constante e a agir prontamente, não sendo necessário esperar até ao final do trimestre para implementar medidas.

Isto é uma contribuição excepcional para o melhor funcionamento do Departamento de *Safety*, contribuindo para medidas mais céleres que poderão evitar a ocorrência incidentes ou acidentes.

6.2 Trabalhos Futuros

Uma vez disponibilizadas as tabelas com os dados interligados e associados a tripulação, atualização e desenvolvimento do *Individual Safety Information* é construído através da exportação dos dados das tabelas criadas e alojadas na base de dados do Departamento de *Safety*.

Este relatório já é enviado para todos os pilotos com os dados relativos ao trimestre anterior e com eventos detectados relativos aos mesmos. Todos os anos, é complementado com um resumo dos eventos onde estes podem visualizar a sua contribuição para os dados de FDM da companhia. Seria importante o desenvolvimento de um *website* em que estes dados fossem disponibilizados aos pilotos com uma regularidade bissemanal permitindo que conseguissem ter conhecimento dos eventos por eles despoletados. Atualmente o *website* já se encontra em construção pelo Departamento de *Safety*.

A importância do trabalho relativo à criação das tabelas, que estão no *background* do *dashboard* é a possibilidade do desenvolvimento de novas aplicações para dar resposta às necessidades futuras da empresa. A análise das *Unstable Approachs* e dos *Go-Arounds* foi executada isoladamente e seria interessante e importante existir um estudo conjunto, percebendo o número de *Unstable Approachs* que derivaram em *Go-Arounds*, e das que não derivaram as que deveriam ter derivado.

Ainda relativamente ao *dashboard* existem inúmeras possibilidades de visualização que podem ser exploradas, por exemplo melhorando a comparação dos dados do ano anterior com o corrente ou mesmo a inserção dos dados de fadiga das tripulações.

Referências

- [1] B. Gates. Citação alegadamente de Bill Gates, utilizada com frequência (p. ex. Vasigh/ Taleghani/Jenkins [2012], Aircraft Finance, p. 95; Andersson [2005], The New Airline Code, p.320; Strohmeier [2012], Inauguration Speech, p.16 (p.16); Hazen/Lynch [2008], The role of transportation in the supply chain, p.85 or English [2003], The Air Up There, p. 110), sem origem e data definida.
- [2] Space.com. The first hot-air balloon flight, 2019 (acedido a 2 de Novembro, 2019). URL <https://www.space.com/16595-montgolfiers-first-balloon-flight.html>.
- [3] K. McCarthy and W. L. Trotter. *Aviation in Florida*. Pineapple Press, 2003. p. 159 ISBN:978-1561642816.
- [4] Tendencias. Así despegan y aterrizan 200.000 vuelos en un día, 2018 (acedido a 2 de Novembro, 2019). URL https://cerodosbe.com/es/transportes/aerolineas/saturacion-200000-vuelos-aviones_564812_102.html.
- [5] T. Independent. Fascinating footage shows one of aviation's busiest days, 2018 (acedido a 2 de Novembro, 2019). URL <https://independent.co.uk/travel/news-and-advice/flights-sky-map-worldwide-air-traffic-aviation-busiest-day-june-a8428451.html>.
- [6] IATA. Safety, (acedido a 20 de Junho, 2019). URL <https://www.iata.org/whatwedo/safety/Pages/index.aspx>.
- [7] C. Cardoso. Safety management system (sms), 2017 (acedido a 1 de Novembro, 2019). URL https://www.anac.pt/SiteCollectionDocuments/Eventos/WS_SMS_ABR_17/2_EASA_INTRODUCAO_SMS_CECILIA_CARDOSO.pdf. pág. 6.
- [8] Statista. Airline industry worldwide - number of flights 2004-2021, 2020 (acedido a 20 de Junho, 2020). URL <https://www.statista.com/statistics/564769/airline-industry-number-of-flights/>.
- [9] EASA. Easa publishes practical scenarios to support the return to normal operations for air operators, 2020 (acedido a 23 de Julho, 2020). URL <https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/news/easa-publishes-practical-scenarios-support-return-normal-operations-air>.

- [10] ICAO. *SAFETY MANAGEMENT: icao annex 19*. 2^a edition, Montreal, Canadá, 2016. ISBN:978-92-9249-965-5.
- [11] M.N.Vinodkumar. A study on the impact of management system certification on safety management. *Safety Science*, 49(3):498–507, Março 2011. doi:10.1016/j.ssci.2010.11.009 (acedido a 20 de Outubro de 2019).
- [12] E. E. Ambisisi Ambituunia, Jaime Amezagaa. Analysis of safety and environmental regulations for downstream petroleum industry operations in nigeria: Problems and prospects. *Environmental Development*, 9:43–60, Janeiro 2014. doi:10.1016/j.envdev.2013.12.002 (acedido a 20 de Outubro de 2019).
- [13] S. A. Miller. Food safety — an international concern internationalization of food science and safety. *Food Microbiology*, 7(1):81–88, Março 1990. doi:10.1016/0740-0020(90)90011-6 (acedido a 19 de Outubro de 2019).
- [14] ICAO. *Doc 9859 - Safety Management Manual*. 4^a edition, Montreal, Canadá, 2018. ISBN:978-92-9258-552-5.
- [15] Boeing. Statistical summary of commercial jet airplane accidents, Setembro 2019 (acedido a 4 de Novembro, 2019). URL http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/company/about_bca/pdf/statsum.pdf. pág. 12.
- [16] ICAO. *Doc 9859 - Safety Management Manual*. 2^a edition, Montreal, Canadá, 2012. ISBN:978-92-9231-295-4 ,pág. 2-1.
- [17] ICAO. *Annex 13 - Aircraft Accident and Incident Investigation*. 11^a edition, Montreal, Canadá, 2011.
- [18] Skybrary. European aviation safety programme (easp), Agosto 2019 (acedido a 15 de Janeiro, 2020). URL [https://www.skybrary.aero/index.php/European_Aviation_Safety_Programme_\(EASP\)](https://www.skybrary.aero/index.php/European_Aviation_Safety_Programme_(EASP)).
- [19] S. Department. *Safety Management Manual*. 9 edition, 2019. (acedido em 27 de Outubro de 2019).
- [20] S. Department. *P-DS-03 - Safety Reporting System*. 8 edition, 2019. (acedido em 29 de Outubro de 2019).
- [21] S. Department. *P-DS-05 - Risk Management*. 2 edition, 2019. pág. 6-8 (acedido em 29 de Outubro de 2019).
- [22] S. Department. *P-DS-06 - Flight Data Monitoring Procedure*. 2 edition, 2019. (acedido em 9 de Novembro de 2019).
- [23] S. Department. *P-DS-09 - Investigação de Ocorrências*. 1 edition, 2019. (acedido em 1 de Dezembro de 2019).
- [24] S. Department. *P-DS-10 - Safety Performance Analysis*. 3 edition, 2019. (acedido em 12 de Novembro de 2019).

- [25] R. T. B. S. e Saavedra. Sms implementação em portugal – estudo de caso azores airlines. Master's thesis, Instituto Superior Técnico, 2019. (acedida a 5 Outubro de 2019).
- [26] M. A. dos Santos Rodrigues. Preparação da implementação de um sistema de gestão da segurança operacional (sgso) numa organização de manutenção aeronáutica. Master's thesis, Universidade da Beira Interior, 2014. (acedida a 10 Outubro de 2019).
- [27] O. Sjöblom. Data mining in promoting aviation safety management. *Safe and Secure Cities*, 7(1): p. 186–193, 2014. doi:10.1007/978-3-319-10211-5_19 (acedido a 19 de Outubro de 2019).
- [28] L. M. C. Samaniego. Implementing a dashboard for data exchange on the rebox tool. Master's thesis, Instituto Superior Técnico, 2014. (acedida a 10 Outubro de 2019).
- [29] V. A. M. Hesselund. Web-based real-time information dashboard. Master's thesis, Chalmers University of Technology, 2013. (acedida a 10 Outubro de 2019).
- [30] ANAC. Formação em segurança da aviação civil, (acedido a 23 de Janeiro, 2020). URL <https://anac.pt/vPT/Generico/SegurancaEFacilitacao/formacaoemsegurancadaaviacaocivil/Paginas/FormacaoemSegurancadaAviacaoCivil.aspx>.
- [31] Aeronewstv.com. Safety and security, what's the difference?, 2016 (acedido a 5 de Março, 2014). URL <https://aeronewstv.com/en/lifestyle/in-your-opinion/3000-safety-and-security-whats-the-difference.html>.
- [32] M. Bellis. The history of the black box (flight data recorder), Janeiro 2019 (acedido a 14 de Janeiro, 2020). URL <https://www.thoughtco.com/black-box-flight-data-recorder-1991663>.
- [33] R. Turnill. Australian inventor of the 'black box' flight-data recorder, Julho 2010 (acedido a 17 de Janeiro, 2020). URL <https://www.theguardian.com/world/2010/jul/29/david-warren-obituary>.
- [34] Skybrary. Flight data recorder (fdr) - skybrary aviation safety, Dezembro 2017 (acedido a 16 de Janeiro, 2020). URL [https://www.skybrary.aero/index.php/Flight_Data_Recorder_\(FDR\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Flight_Data_Recorder_(FDR)).
- [35] J. DELHOM. Flight data analysis (fda), a predictive tool for safety management system (sms), Janeiro 2014 (acedido a 28 de Novembro, 2019). URL <https://safetyfirst.airbus.com/flight-data-analysis-fda-a-predictive-tool-for-safety-management-system-sms/>.
- [36] ICAO. *Annex 6 - Operation of Aircraft*. 9^a edition, Montreal, Canadá, 2011. ISBN:978-92-9231-536-8.
- [37] Skybrary. Cockpit voice recorder (cvr), Fevereiro 2019 (acedido a 16 de Janeiro, 2020). URL [https://www.skybrary.aero/index.php/Cockpit_Voice_Recorder_\(CVR\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Cockpit_Voice_Recorder_(CVR)).
- [38] G. News. What do the black boxes in airplanes look like?, Novembro 2018 (acedido a 18 de Janeiro, 2020). URL <https://www.quora.com/What-do-the-black-boxes-in-airplanes-look-like>.

- [39] Euronews. Mh370: quanto custam as buscas?, Abril 2014 (acedido a 16 de Janeiro, 2020). URL <https://pt.euronews.com/2014/04/11/mh370-quanto-custam-as-buscas>.
- [40] A. M. Afonso. E se acabar a bateria da caixa negra do avião desaparecido?, Abril 2014 (acedido a 19 de Janeiro, 2020). URL <https://expresso.pt/internacional/e-se-acabar-a-bateria-da-caixa-negra-do-aviao-desaparecido=f863605>.
- [41] ICAO. About mid office, (acedido a 8 de Janeiro, 2020). URL <https://www.icao.int/MID/Pages/about.aspx>.
- [42] ICAO. About icao, (acedido a 8 de Janeiro, 2020). URL <https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>.
- [43] Skybrary. International civil aviation organisation (icao), Abril 2019 (acedido a 16 de Janeiro, 2020). URL [https://www.skybrary.aero/index.php/International_Civil_Aviation_Organisation_\(ICAO\)](https://www.skybrary.aero/index.php/International_Civil_Aviation_Organisation_(ICAO)).
- [44] IATA. The founding of iata, (acedido a 16 de Janeiro, 2020). URL <https://www.iata.org/en/about/history/>.
- [45] IATA. Vision and mission, (acedido a 16 de Janeiro, 2020). URL <https://www.iata.org/en/about/mission/>.
- [46] IATA. Supporting the implementation of safety management systems, (acedido a 16 de Janeiro, 2020). URL <https://www.iata.org/whatwedo/safety/Pages/safety-management.aspx>.
- [47] IATA. IATA operational safety audit (IOSA), (acedido a 16 de Janeiro, 2020). URL <https://www.iata.org/en/programs/safety/audit/iosa/>.
- [48] EASA. The agency, (acedido a 12 de Janeiro, 2020). URL <https://www.easa.europa.eu/the-agency/the-agency>.
- [49] ANAC. A nossa história, (acedido a 12 de Janeiro, 2020). URL <https://www.anac.pt/vPT/Generico/ANAC/QuemSomos/Historia/Paginas/Historia.aspx>.
- [50] ANAC. Missão, visão e valores, (acedido a 12 de Janeiro, 2020). URL <https://www.anac.pt/vPT/Generico/ANAC/QuemSomos/Missao/Paginas/MissaoValores.aspx>.
- [51] Vistair. Why is a safety management system (SMS) essential to modern airline operations?, (acedido a 3 de Março, 2020). URL <https://www.vistair.com/aviation-safety-management-system>.
- [52] J.-C. L. C. Justin Larouze. Good and bad reasons: The Swiss cheese model and its critics. *Safety Science*, Fevereiro 2020. doi:10.1016/2020.104660.
- [53] WHATSTHEPONT. The James Reason Swiss cheese failure model in 300 seconds, (acedido a 22 de Outubro, 2019). URL <https://whatsthepont.blog/2018/05/30/the-james-reason-swiss-cheese-failure-model-in-300-seconds/>.

- [54] ANAC. *Glossário da Aviação Civil*. 2015. ISBN: 978-989-8489-12-8 (acedido em 26 de Outubro de 2019).
- [55] M. Vinodkumar and M. Bhasi. A study on the impact of management system certification on safety management. *Safety Science*, 49(3):p. 498–507, 2011. DOI = 10.1016/j.ssci.2010.11.009.
- [56] M. Pierobon. Unleashing spis, 2017 (acedido a 3 de Dezembro, 2019). URL <https://flightsafety.org/asw-article/unleashing-spis/>.
- [57] Regulamento (ue) n . o 965/2012, 2016 (acedido a 17 de Novembro, 2019). URL <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02012R0965-20180814&from=LV>.
- [58] Evidence-based training (ebt), (acedido a 25 de Janeiro, 2020). URL <https://www.iata.org/en/services/consulting/safety-operations/evidence-based-training/#tab-1>.
- [59] A. T. Center. Flight data monitoring on atr, 2017 (acedido a 3 de Dezembro, 2019). URL https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/16T0153_ATR_FDM_2016.pdf.
- [60] U. E. Industries. Arinc-429 tutorial reference, (acedido a 8 de Dezembro, 2020). URL <https://www.ueidaq.com/arinc-429-tutorial-reference-guide>.
- [61] F. Operations. *Safety Management Manual*. 4 edition, 2018. (acedido em 27 de Outubro de 2019).
- [62] Netline/ops ++, (acedido a 18 de Novembro, 2019). URL <https://www.lhsystems.com/solutions-services/operations-solutions/netlineops>.
- [63] Analysis ground station (ags), (acedido a 5 de Novembro, 2019). URL <https://www.safran-electronics-defense.com/aerospace/commercial-aircraft/information-system/analysis-ground-station-ags>.
- [64] Safety management system, (acedido a 17 de Novembro, 2019). URL <https://www.aircraftit.com/vendors/rolls-royce/safety-management-system/>.
- [65] Mobile ereports (sms), (acedido a 22 de Outubro, 2019). URL <https://appadvice.com/app/mobile-ereports-sms/1441713282>.
- [66] Metar- taf, (acedido a 24 de Agosto, 2020). URL <https://pt.allmetsat.com/metar- taf/portugal-espanha.php?icao=LPPT>.
- [67] Hitachi. Pentaho data integration, (acedido a 8 de Janeiro, 2020). URL https://help.pentaho.com/Documentation/7.1/OD0/Pentaho_Data_Integration.
- [68] O que é o power bi desktop?, (acedido a 22 de Agosto, 2020). URL <https://docs.microsoft.com/pt-pt/power-bi/fundamentals/desktop-what-is-desktop>.
- [69] Get tableau desktop as part of tableau creator, (acedido a 22 de Agosto, 2020). URL <https://www.tableau.com/products/desktop>.

[70] How to create a date table in power bi in 2 simple steps, (accedido a 4 de Março, 2020). URL <https://kohera.be/blog/power-bi/how-to-create-a-date-table-in-power-bi-in-2-simple-steps/>.

