

**SISTEMA INTEGRADO DE DADOS GEOESPACIAIS  
APLICADO À GESTÃO DE INFORMAÇÃO AERONÁUTICA**

**Sérgio Alexandre Monteiro Prazeres**

**Tese de Doutoramento em Geografia e Planeamento Territorial**

**Dezembro, 2018**

Tese apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Geografia e Planeamento Territorial, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Rui Pedro Julião.

***"For this purpose that information must be complete, accurate and up-to-date and be available at any time everywhere"***

(Rodríguez et al., 2009)

## DECLARAÇÃO

Declaro que esta tese é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia.

O candidato,



Lisboa, 21 de maio de 2018

Declaro que esta tese se encontra em condições de ser apreciada pelo júri a designar.

O orientador,



**SISTEMA INTEGRADO DE DADOS GEOESPACIAIS**  
**APLICADO À GESTÃO DE INFORMAÇÃO AERONÁUTICA**

**SÉRGIO ALEXANDRE MONTEIRO PRAZERES**

## **RESUMO**

**PALAVRAS-CHAVE:** Bases de Dados, Informação Aeronáutica, Informação Geográfica, Sistemas de Informação.

Esta tese explora a necessidade de uma investigação aprofundada, de incremento de conhecimento e experiência tecnológica, no âmbito do futuro do Céu Único Europeu (*Single European Sky - SES*), enquanto projeto ambicioso promovido pela União Europeia para solucionar os problemas de congestionamento de tráfego aéreo na Europa, e apresenta uma proposta para um Sistema Integrado de Dados Geoespaciais aplicado à Gestão da Informação Aeronáutica (SIDG-AIM).

O SIDG-AIM, aliando as Tecnologias de Informação Geográfica (TIG) e a Gestão da Informação Aeronáutica (*Aeronautical Information Management - AIM*), efetua uma modificação radical na forma como os dados aeronáuticos são geridos e disponibilizados, resultando desse facto um incremento de valor face às necessidades emergentes no sector da aeronáutica.

O produto deste trabalho permitirá desenvolver um modelo integrado que possibilitará partilhar informação aeronáutica normalizada, em tempo real, junto dos diversos utilizadores, compatível com o *System Wide Information Management (SWIM)* que funcionará como um grande repositório de dados aeronáuticos nos seus diversos domínios, sendo prevista a sua implementação no ano de 2020.

Os Serviços de Informação Aeronáutica (AIS)<sup>1</sup> constituem um domínio que envolve a diversidade de informação necessária à atividade de todos os intervenientes nas operações de voo e do *Air Traffic Management (ATM)*.

---

<sup>1</sup> Aeronautical Information Services

A Publicação de Informação Aeronáutica (AIP) <sup>2</sup> e documentação associada constituem a fonte de informação básica para informações permanentes e alterações temporárias de longa duração (3 meses ou superior).

As características da informação aeronáutica têm subjacente a descrição da realidade da infraestrutura de navegação aérea dentro do seu contexto geoespacial e o estado e condição dessa infraestrutura à medida que ela muda ao longo do tempo. Assim, a informação aeronáutica é caracterizada como informação geoespacial, composta por três dimensões “x, y, e z”, e pela informação considerada temporal, que se altera numa dimensão “t”.

Além do uso pretendido da informação, também a forma como se pretende divulgar a informação aeronáutica afeta as suas características genéricas. Neste âmbito e ao longo desta tese serão destacadas características como o formato digital, a integrabilidade, a visualização gráfica, o formato aberto, o facto de ser pesquisável espacialmente e temporalmente acessível, monitorizada e adaptada a determinados utilizadores finais.

De acordo com o conceito AIM, a noção de temporalidade também deve respeitar o critério "apto para o uso pretendido", no sentido de que a informação deve estar disponível para os utilizadores finais quando eles precisam. Este requisito afeta diretamente os meios de disseminação da informação, dependendo sempre da criticidade da informação.

Em última análise, o objetivo da informação aeronáutica é reduzir a incerteza e aumentar a previsibilidade do sistema ATM e um meio de o conseguir é através da disponibilidade de informação atempada, nunca descurando a preservação da qualidade da informação em termos de exatidão, resolução e integridade, como será referido ao longo desta tese.

É importante destacar a singularidade da informação aeronáutica em relação a outros domínios de informação, na medida em que não descreve apenas recursos físicos de navegação aérea, como aeroportos, pistas de aterragem e transmissores de rádio de

---

<sup>2</sup> Aeronautical Information Publication

navegação, mas também recursos virtuais, como o espaço aéreo, as vias aéreas e os procedimentos por instrumentos.

O presente trabalho decorre num processo de transformação dos Serviços de Informação Aeronáutica, visando desenvolver as suas atividades num modelo de globalização da informação que corresponda às necessidades das operações de voo e do ATM e que pressupõe a migração da informação para um formato eletrónico, harmonizado, de alta qualidade, interoperável e assente num grande desenvolvimento tecnológico. O processo de transição do AIS para o AIM e a execução do Regulamento (EU) 73/2010 determinam novas e exigentes inovações tecnológicas.

O SIDG-AIM permitirá à NAV Portugal, E.P.E., empresa utilizada como estudo de caso, adaptar-se em direção a esse objetivo.

## ABSTRACT

KEY-WORDS: Database, Aeronautical Information, Geographical Information, Information Systems.

Within the framework of the Single European Sky's (SES) future, as an ambitious project promoted by the European Union to solve air traffic congestion problems in Europe, this thesis explores the need for in-depth research, increased knowledge and technological experience. It also presents a proposal for an Integrated Geospatial Data System applied to Aeronautical Information Management (SIDG-AIM).

Allying Geographic Information Technologies (GIT) with Aeronautical Information Management (AIM), the SIDG-AIM makes a radical change in the way aeronautical data are managed and made available, resulting in gains to the emerging needs in the aeronautics sector.

The outcome of this work will allow the development of an integrated model that will share real-time standardized aeronautical information among users, compatible with System Wide Information Management (SWIM), which will act as a large repository of aeronautical data in its various domains. Its implementation is predicted to the year 2020.

Aeronautical Information Services (AIS) is an area that involves the variety of information required for the activity of all stakeholders involved in flight operations and Air Traffic Management (ATM).

The Aeronautical Information Publication (AIP) and its associated documentation provides the main source for permanent information and long-term temporary changes (3 months or more).

The description of the reality of the air navigation infrastructure within its geospatial context and the state and condition of aeronautical information. It is characterized as geospatial information, consisting of three dimensions "x, y, and z", and information considered temporal, which changes in a "t" dimension.

Its generic characteristics are affected by the intended use of the information and the way of intended disclosure the aeronautical information. In this context and throughout this thesis will highlight features such as digital format, integrability, graphic display, open format, the fact that it is searchable spatially and temporally accessible, monitored and adapted to certain stakeholders.

According to the AIM concept, the notion of temporality should also respect the touchstone "fit for intended use", which means that information should be available to

end users whenever they need it. This requirement directly affects the means of information dissemination, always depending on the criticality of the information.

As ultimate parsing, the main goal of aeronautical information is to reduce the dimness and increase the predictability of the ATM system. One way to achieve this is through the availability of timely information, never neglecting the preservation of the quality of information in terms of accuracy, resolution and integrity, as will be mentioned throughout this thesis.

It is important to highlight the uniqueness of aeronautical information related to other information domains. Besides it describes physical air navigation resources such as airports, landing strips and radio navigation transmitters, it also describes virtual resources such as space airway, airway and procedures by instrument.

This work is carried out in a process of transformation of the Aeronautical Information Services, aiming to develop its activities within a model of information globalization that comes upon the needs of the flight operations and the ATM. Which presupposes the migration of information to an electronic format, high quality, interoperable and based on a great technological development. The transition process from AIS to AIM and the implementation of Regulation (EU) 73/2010 determine demanding technological innovations.

The SIDG-AIM will allow NAV Portugal, E.P.E., a company used here as a case study, to adjust towards that goal.

*Dedico esta tese ao meu filho Alexandre.*

## **Agradecimentos**

Um agradecimento muito especial à minha companheira Ana Rita, um Ser humano com uma energia e força interior contagiante que através do seu Amor desbloqueou e dissipou qualquer obstáculo que surgia. Sempre a meu lado.

Ao meu Filho Alexandre que com os seus abraços me encheu de força para continuar.

Aos meus Pais, pelo enorme apoio e pela aquela ajuda especial que só eles sabem. Uma palavra especial à Sr<sup>a</sup> Lurdes e ao Sr. Quitério pelo apoio possível, mas que fez toda a diferença.

Ao meu orientador Professor Doutor Rui Pedro Julião pela paciência, energia positiva e assertividade no acompanhamento da investigação e redação da tese, nos altos e baixos e nunca me deixou desacreditar.

Ao meu colega e amigo Carlos Fonseca, que segurou as “pontas” durante meses para que fosse possível terminar este desafio, e sempre com conselhos e apontamentos pertinentes com ele bem sabe proferir.

Ao meu colega e amigo, Professor José António Oliveira, Geógrafo que muito prezo, sendo umas das pessoas que tudo fez com que eu terminasse esta etapa, pela persistência e insistência.

À minha colega Arquiteta Rita Martinho na enorme ajuda na componente SIG, estrutura e coerência da redação da tese.

Uma palavra especial para a Dr.<sup>a</sup> Eliana Mendes, e uma palavra de homenagem ao Professor Doutor João Corte Real do Departamento de Aeronáutica e Transportes da Universidade Lusófona, que sempre se colocaram à disposição para ajudar no que fosse necessário. E aos meus alunos do curso de licenciatura de Gestão Aeronáutica, a quem eu desejo um enorme sucesso nas suas carreiras.

Um agradecimento à equipa do AIS da NAV Portugal, que me acolheu durante todo o percurso, sem hesitar qualquer ajuda. Uma palavra muito especial ao Dr. Barbosa de Matos pelo acompanhamento nas fases mais cruciais da tese, é um profissional de excelência e jamais esquecerei o tempo que me dedicou. Outra pessoa que esteve sempre a meu lado foi o Sr. Luis Santos (Cartografia Aeronáutica) com enorme disponibilidade para que eu conseguisse cumprir os objetivos. E deixo aqui o meu agradecimento às outras pessoas da NAV que tornaram possível este trabalho e numa ordem completamente aleatória, agradeço ao Sr. Jorge Gomes, Sr.<sup>a</sup> Goretti Reis, Sr. João Mata, Sr. Paulo Monteiro e ao Sr. João Paulo Mendonça.

Uma palavra muito especial ao meu colega António Cosme, que me acompanhou em inúmeras batalhas, sendo a pessoa que me incentivou para avançar para a aventura que é o doutoramento e grato pelas palavras “vai correr bem”, que vieram sempre na altura certa.

E não podia deixar de dedicar umas palavras, à Ana Sofia, companheira e amiga, que partiu a meio do projeto acompanhando a fase inicial, e por muita coisa, também sem ela não seria possível concretizar este objetivo.

E um bem-haja a todos aqueles que durante o percurso, prestaram o seu apoio.

# ÍNDICE

RESUMO.....	4
ABSTRACT.....	7
ÍNDICE .....	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	16
ÍNDICE DE TABELAS.....	19
LISTA DE ABREVIATURAS .....	20
Introdução .....	25
Enquadramento .....	25
Objetivos.....	27
Opções metodológicas.....	29
Estrutura da tese.....	31
I.    Enquadramento e estado da arte .....	32
I.1    Liberdade e Soberania Aérea.....	32
I.2    As Convenções sobre a Aviação Civil e o nascimento da ICAO .....	36
I.2.1    A Convenção de Chicago.....	37
I.2.2    International Civil Aviation Organization.....	38
I.3    Enquadramento legal.....	57
I.3.1    Regulamentação .....	57
I.4    A emergência da tecnologia aplicada aos Sistemas de Informação Aeronáutica	60
I.4.1    A Geografia do Espaço Aéreo .....	63
I.4.2    A dimensão do espaço aéreo e as consequências económicas e espaciais	65

I.4.3	A Geografia das Redes Aéreas .....	67
I.5	Single European Sky .....	73
I.5.1	Single European Sky I, SES II e SES2+ .....	74
I.6	Organizações internacionais .....	77
I.6.1	Comissão Europeia.....	77
I.6.2	Organização Europeia para a Segurança da Navegação Aérea - EUROCONTROL .....	78
I.6.3	European Aviation Safety Agency - EASA .....	78
I.6.4	International Air Transport Association - IATA .....	79
I.6.5	SESAR Joint Undertaking.....	80
I.7	Organizações nacionais.....	81
I.7.1	Autoridade Nacional de Aviação Civil - ANAC.....	81
I.7.2	ANA – Aeroportos de Portugal.....	81
I.7.3	Força Aérea Portuguesa - FAP.....	81
II.	Gestão da Informação Aeronáutica.....	83
II.1	Benefícios da Gestão de Informação Aeronáutica .....	85
II.2	O que se entende por Informação Aeronáutica .....	89
II.2.1	Caraterísticas da Informação Aeronáutica .....	90
II.2.2	Utilizadores de Informação Aeronáutica .....	93
II.2.3	Temporalidade da Informação .....	95
II.2.4	Qualidade da Informação .....	98
II.2.5	Domínio da Informação Aeronáutica.....	99
II.2.6	Modelação da Informação Aeronáutica .....	101
II.2.7	Distribuição da Informação Aeronáutica .....	112
II.2.8	Produtos e Serviços (outputs) da Informação Aeronáutica.....	116

II.3	Transição do AIS para AIM.....	120
II.3.1	Produtos possíveis .....	121
II.3.2	Benefícios esperados .....	122
II.3.3	Oito princípios orientadores para a transição para o AIM .....	123
II.3.4	O roteiro para o AIM.....	123
II.3.5	Os passos do roteiro para o AIM.....	124
II.4	Cadeia de dados ( <i>Data Chain</i> ) .....	130
II.5	System Wide Information Management (SWIM) .....	132
II.5.1	Benefícios do SWIM .....	134
II.5.2	Os níveis do SWIM .....	135
III.	Os Sistemas de Informação Geográfica para a Aeronáutica (SIG-A) e as <i>Spatial Data Infrastructure</i> (SDI) .....	137
III.1	Origem, Evolução e Conceitos dos Sistemas de Informação Geográfica 137	
III.1.1	Origem e Evolução dos SIG .....	137
III.1.2	O que se entende por SIG .....	144
III.1.3	<i>Spatial Data Infrastructure</i> (SDI).....	157
III.2	A Emergência dos SIG SDI-A Tendências, Aplicações e Exemplos.....	162
III.2.1	Origem e Conceitos.....	162
III.3	Exemplos de SIG/SID no âmbito da Gestão de Informação Aeronáutica. 165	
III.3.1	Skyguide (Suíça) .....	165
III.3.2	LGS: Latvijas Gaisa Satiksme (Letónia).....	166
III.3.3	ENAIRE (Espanha).....	167
III.3.4	Austrocontrol (Áustria) .....	168
III.4	INSPIRE: Rede de Transportes – Ar.....	170

III.4.1	A Diretiva INSPIRE – Infrastructure for spatial information in Europe	170
III.4.2	Rede de Transportes - Ar .....	178
IV.	Estudo de caso: NAV Portugal .....	189
IV.1	Missão e objeto .....	189
IV.2	Historial .....	190
IV.3	Áreas de Negócio .....	191
IV.4	Evolução da tese no contexto NAV Portugal .....	192
IV.5	Posicionamento da NAV Portugal face às orientações ICAO .....	194
IV.6	Levantamento dos requisitos dos sistemas da NAV Portugal com relevância para o SIDG-AIM.....	195
IV.6.1	<i>Procedimentos e Espaço Aéreo</i> .....	196
IV.6.2	<i>Produção de Cartas Aeronáuticas (CHP)</i> .....	199
IV.6.3	<i>Provisão do Serviço de Informação Antes do Voo (PIB)</i> .....	201
IV.6.4	<i>International NOTAM Operation (INO)</i> .....	204
IV.6.5	<i>Static Data Operation (SDO)</i> .....	206
IV.6.6	<i>Eletronic Aeronautical Information Publication (eAIP)</i> .....	209
IV.6.7	<i>Published AIP Management System (PAMS)</i> .....	211
IV.7	Arquitetura dos atuais sistemas AIS da NAV Portugal .....	213
V.	PROPOSTA DE MODELO CONCETUAL DO SIDG-AIM.....	217
V.1	Conceitos fundamentais .....	217
V.2	Modelo concetual do SIDG-AIM .....	219
V.3	Origem dos dados .....	221
V.3.1	<i>Aerodrome mapping database (AMDB)</i> .....	222
V.3.2	<i>European AIS Database (EAD)</i> .....	224

V.3.3	<i>Métodos de aquisição de informação</i> .....	225
V.3.4	<i>Tempo de aquisição</i> .....	234
V.3.5	<i>Comparação dos diferentes métodos de aquisição de informação.</i> 235	
V.4	<i>Prestação de serviços AIM – NAV Portugal</i> .....	236
V.4.1	<i>electronic Terrain and Obstacle Data (eTOD)</i> .....	236
V.4.2	<i>NOTAM Digital (dNOTAM)</i> .....	238
V.4.3	<i>Cartografia aeronáutica digital (eCHART)</i> .....	239
V.5	<i>Soluções SIG</i> .....	242
V.5.1	<i>Propostas</i> .....	242
V.5.2	<i>Interoperabilidade e Qualidade</i> .....	249
V.6	<i>Utilizadores dos produtos e serviços – data users</i> .....	252
V.7	<i>Principais conclusões e linhas de orientação</i> .....	253
V.8	<i>Linhas Orientadoras do Modelo Concetual</i> .....	256
V.9	<i>Plano de Implementação (Roadmap) do SIDG-AIM</i> .....	257
V.10	<i>Gestão da Mudança</i> .....	257
	<i>Considerações Finais</i> .....	261
	<i>BIBLIOGRAFIA</i> .....	264
	<i>ANEXOS</i> .....	273

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – SÍMBOLOS DAS CARTAS ICAO (APPENDIX 2) E GUIA DE TINTAS PARA HIPSOMETRIA (APPENDIX 4): EXEMPLOS ..	41
FIGURA 2 – LAYOUT DAS FOLHAS PARA <i>WORLD AERONAUTICAL CHART</i> (APPENDIX 5) .....	43
FIGURA 3 – CARTA AERONÁUTICA OACI 1:500 000 PORTUGAL CONTINENTAL.....	43
FIGURA 4 – ENROUTE CHART - ICAO .....	44
FIGURA 5 – REPRESENTAÇÃO DO PERCURSO DE VOO DE UMA AERONAVE - <i>GATE TO GATE</i> .....	45
FIGURA 6 – AREA CHART - ICAO .....	46
FIGURA 7 – <i>INSTRUMENT APPROACH CHART</i> - ICAO.....	47
FIGURA 8 – <i>VISUAL APPROACH CHART</i> - ICAO.....	47
FIGURA 9 – AERODROME CHART - ICAO .....	48
FIGURA 10 – AERODROME GROUND MOVEMENT CHART - ICAO.....	48
FIGURA 11 – <i>AERODROME OBSTACLE CHART</i> - ICAO.....	48
FIGURA 12 – CARTAS AERONÁUTICAS JEPPESEN - GARMIN PILOT .....	49
FIGURA 13 – COMPARAÇÃO DE PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS DA CARTA AERONÁUTICA OACI 1:500 000 E DA <i>JOINT OPERATIONS GRAPHIC (AIR) 1:250 000</i> .....	53
FIGURA 14 – PROBLEMA DE DATUM EM NAVEGAÇÃO AÉREA .....	54
FIGURA 15 – ESPAÇO AÉREO PORTUGUÊS SOB RESPONSABILIDADE DE PORTUGAL: REGIÕES DE INFORMAÇÃO DE VOO .....	64
FIGURA 16 – CLASSIFICAÇÃO DO ESPAÇO AÉREO: DESCRIÇÃO DO ESPAÇO AÉREO DOS EUA COMO REPRESENTADO NAS CARTAS AERONÁUTICAS VISUAIS.....	64
FIGURA 17 – VIAGENS AÉREAS MUNDIAIS E O TRÁFEGO MUNDIAL DE MERCADORIAS, 1950-2016.....	66
FIGURA 18 – ALERTA DE CINZAS VULCÂNICAS ISLANDESAS PARA OS VOOS DO REINO UNIDO.....	68
FIGURA 19 – EVOLUÇÃO DA ERUPÇÃO VULCÂNICA NA ISLÂNDIA EM 2010: <i>PREVISÃO DO MET OFFICE PARA DISTRIBUIÇÃO DE NUVENS DE CINZAS PARA QUARTA E QUINTA-FEIRA</i> .....	69
FIGURA 20 – ILUSTRAÇÃO DE UM ESPAÇO AÉREO RESERVADO .....	70
FIGURA 21 – ILUSTRAÇÃO DO PLANEAMENTO DE VOO ATUAL E OTIMIZADO.....	70
FIGURA 22 – PRINCIPAIS FLUXOS DE TRÁFEGO AÉREO ENTRE REGIÕES, 2000 (% DOS PASSAGEIROS PROGRAMADOS PELA IATA).....	73
FIGURA 23 – <i>FUNCTIONAL AIRSPACE BLOCK (FAB)</i> .....	75
FIGURA 24 – EGM-96 GEOID.....	93
FIGURA 25 – UTILIZADORES DE INFORMAÇÃO AERONÁUTICA.....	94
FIGURA 26 – O TEMPO CONTÍNUO DE INFORMAÇÃO ENTRE AS VÁRIAS FASES OPERACIONAIS .....	97
FIGURA 27 – <i>AERONAUTICAL INFORMATION EXCHANGE MODEL</i> .....	107
FIGURA 28 – AIXM 5.1 – FONTES DE DADOS (XML) .....	109
FIGURA 29 – MODELO AIXM 5.1 EM FORMATO XML DO ESPAÇO AÉREO DA LETÓNIA.....	110
FIGURA 30 – VISUALIZAÇÃO DE UM MODELO AIXM 5.1 E ACESSO WMS DO ESPAÇO AÉREO DA LETÓNIA, NA APLICAÇÃO ATM VIEWER DA SNOWFLAKE SOFTWARE .....	110
FIGURA 31 – VISUALIZAÇÃO DE UM ACESSO WMS DO MODELO DIGITAL DE TERRENO 50M DA DGT .....	111

FIGURA 32 – Os ATM ACTORS: PILOTOS, CONTROLADORES E PRESTADORES DE SERVIÇOS .....	115
FIGURA 33 – CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPORALIDADE DA INFORMAÇÃO: PRODUTO DA INFORMAÇÃO OU SERVIÇO DE INFORMAÇÃO? .....	117
FIGURA 34 – AS VÁRIAS ETAPAS DO CICLO DE VIDA DA INFORMAÇÃO .....	118
FIGURA 35 – ROADMAP DO AIS PARA O AIM DESENVOLVIDO PELA ICAO .....	126
FIGURA 36 – FASE 1: CONSOLIDAÇÃO .....	127
FIGURA 37 – FASE 2: FASE DIGITAL PROGRESSIVA .....	128
FIGURA 38 – FASE 3: GESTÃO DA INFORMAÇÃO .....	129
FIGURA 39 – A CADEIA DE DADOS AERONÁUTICA TRADICIONAL .....	131
FIGURA 40 – A INTENÇÃO DA SINGLE AUTHORITATIVE SOURCE (SAS) .....	132
FIGURA 41 – ESTRUTURA DE INTEROPERABILIDADE GLOBAL DO SWIM .....	136
FIGURA 42 – PRINCIPAIS ACONTECIMENTOS ASSOCIADOS ÀS VÁRIAS FASES .....	139
FIGURA 43 – EVOLUÇÃO DO SNIG .....	141
FIGURA 44 – EVOLUÇÃO RECENTE DOS SIG: UTILIZADORES, APLICAÇÕES E TECNOLOGIA .....	144
FIGURA 45 – COMPONENTES DO SIG .....	147
FIGURA 46 – ENTIDADES GEOGRÁFICAS .....	150
FIGURA 47 – ESTRUTURA MATRICIAL E VETORIAL .....	152
FIGURA 48 – TRÊS MODOS DE OPERAR DE UM WMS .....	156
FIGURA 49 – INTERFACE DO OPENGIS WEB MAP SERVICE .....	157
FIGURA 50 – RELAÇÃO ENTRE A PRIMEIRA E A SEGUNDA GERAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE SDI .....	158
FIGURA 51 – ORIENTAÇÕES PARA UMA INFRAESTRUTURA DE INFORMAÇÃO ESPACIAL .....	172
FIGURA 52 – PRINCÍPIOS E VISÃO DA DIRETIVA INSPIRE .....	173
FIGURA 53 – RELAÇÃO ENTRE AS NORMAS DE IMPLEMENTAÇÃO E AS ORIENTAÇÕES TÉCNICAS .....	174
FIGURA 54 – ARQUITETURA DO MODELO DE REFERÊNCIA DA INSPIRE .....	175
FIGURA 55 – EUROPEAN COMMISSION INSPIRE GEOPORTAL .....	177
FIGURA 56 – MODELO CONCEPTUAL APLICADO À REDE DE TRANSPORTES .....	180
FIGURA 57 – DIAGRAMA DE CLASSES UML - RELAÇÃO ENTRE OS ESQUEMAS DE APLICAÇÃO DOS VÁRIOS TEMAS DA REDE DE TRANSPORTES .....	181
FIGURA 58 – DIAGRAMA DE CLASSES UML - VISÃO GERAL DO ESQUEMA DO APLICATIVO TRANSPORT NETWORKS E AS SUAS RELAÇÕES COM O GNM .....	183
FIGURA 59 – TIPOS DE OBJETOS ESPACIAIS – LIGAÇÕES, ÁREAS E NÓS DE TRANSPORTE .....	184
FIGURA 60 – UML CLASS DIAGRAM: VISÃO GERAL DO ESQUEMA DE APLICATIVO DAS REDES DE TRANSPORTE AÉREO .....	187
FIGURA 61 – VISÃO GERAL DOS PRINCIPAIS OBJETOS DA REDE DE TRANSPORTE AÉREO .....	187
FIGURA 62 – REGIÕES DE INFORMAÇÃO DE VOO DE LISBOA E DE SANTA MARIA .....	191
FIGURA 63 – SERVIÇOS DE NAVEGAÇÃO AÉREA ASSEGURADOS PELA NAV PORTUGAL .....	192
FIGURA 64 – EVOLUÇÃO DA TESE NO CONTEXTO NAV PORTUGAL .....	194
FIGURA 65 – ARQUITETURA DOS ATUAIS SISTEMAS AIS CONSIDERADOS DA NAV PORTUGAL .....	213
FIGURA 66 – ACESSO AO EÁIP VIA INTERNET .....	215

FIGURA 67 – EAIP PORTUGAL .....	215
FIGURA 68 – NÍVEIS DE ABSTRAÇÃO DOS MODELOS.....	218
FIGURA 69 – ESQUEMA DO MODELO CONCETUAL DO SIDG-AIM.....	220
FIGURA 70 – AIRPORT MAPPING DATABASE (AMDB) DO AEROPORTO KUALA LUMPUR EM SIG .....	224
FIGURA 71 – TIPOS E EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DE UAV.....	231
FIGURA 72 – PRODUTOS GERADOS POR DRONES .....	231
FIGURA 73 – PROCESSO DE CRIAÇÃO DO ETOD COM BASE EM IMAGENS DE SATÉLITE .....	233
FIGURA 74 – ÁREAS DE COBERTURA NO ÂMBITO DO PROJETO ETOD.....	238
FIGURA 75 – DNOTAM – MÚLTIPLAS VISUALIZAÇÕES DOS DADOS.....	239
FIGURA 76 – SIDG-AIM COMO VECTOR DE CONSOLIDAÇÃO DA NAV .....	254
FIGURA 77 – ELETRONIC FLIGHT BAG.....	260

# ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – ANEXOS ICAO.....	39
TABELA 2 – RELAÇÃO ENTRE ANEXOS E DOCS ICAO .....	55
TABELA 3 – REGRAS DE IMPLEMENTAÇÃO DO SES: ENQUADRAMENTO NORMATIVO NO ÂMBITO DA PROPOSTA SIDG-AIM .	57
TABELA 4 – SISTEMAS DA REGTA .....	58
TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS MERCADOS DE VIAGENS AÉREAS.....	72
TABELA 6 – AS 7 ÁREAS PRINCIPAIS NA ATUALIZAÇÃO PREVISTA NO SES2+ .....	76
TABELA 7 – CARATERÍSTICAS DO CONCEITO AIM, BENEFÍCIOS ASSOCIADOS E IMPACTO EXPECTÁVEL.....	86
TABELA 8 – RESULTADOS DO IMPACTO EXPECTÁVEL EM TERMOS OPERACIONAIS, SISTEMAS E RECURSOS HUMANOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DO AIM.....	88
TABELA 9 – ANÁLISE DOS UTILIZADORES DE INFORMAÇÃO AERONÁUTICA DURANTE AS VÁRIAS FASES DA OPERAÇÃO NA COMUNIDADE ATM .....	95
TABELA 10 – DISTRIBUIÇÃO DE INFORMAÇÃO AERONÁUTICA SOB O PRODUTO CENTRADO NO AIS.....	113
TABELA 11 – A DISTRIBUIÇÃO DE INFORMAÇÃO AERONÁUTICA NO ÂMBITO DO CONCEITO AIM .....	114
TABELA 12 – O CONTÍNUO DAS TEMPORALIDADES .....	119
TABELA 13 – AS FASES E PASSOS DO ROADMAP AIS PARA AIM .....	125
TABELA 14 – TEMAS DA DIRETIVA INSPIRE .....	179
TABELA 15 – RESUMO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS PROCEDIMENTOS E ESPAÇO AÉREO .....	196
TABELA 16 – RESUMO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA PRODUÇÃO DE CARTAS AERONÁUTICAS.....	199
TABELA 17 – RESUMO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA PROVISÃO DO SERVIÇO DE INFORMAÇÃO ANTES DO VOO (PIB) .....	201
TABELA 18 – RESUMO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO <i>INTERNATIONAL NOTAM OPERATION</i> (INO) .....	204
TABELA 19 – RESUMO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO SDO .....	206
TABELA 20 – RESUMO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO <i>ELETRONIC AERONAUTICAL INFORMATION PUBLICATION</i> (EAIP) .....	209
TABELA 21 – RESUMO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO <i>PUBLISHED AIP MANAGEMENT SYSTEM</i> (PAMS).....	211
TABELA 22 – ANÁLISE SWOT AOS SISTEMAS DA NAV PORTUGAL COM RELEVÂNCIA PARA O SIDG-AIM .....	216
TABELA 23 – UTILIZADORES DA EAD .....	225
TABELA 24 – CARTAS AERONÁUTICAS: OS VÁRIOS PRODUTOS.....	239
TABELA 25 – TIPO DE CARTAS AERONÁUTICAS DA NAV PORTUGAL .....	241
TABELA 26 – PROPOSTA DE SOLUÇÕES SIG .....	243
TABELA 27 – LINHAS ORIENTADORAS DO MODELO CONCETUAL.....	256

## LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Descrição
ACC	Area Control Centre
AD	Aerodrome
ADP	Arrival and Departures Procedures
ADQ	Aeronautical Data Quality
AFTN	Aeronautical Fixed Telecommunication Network
AIC	Aeronautical Information Circulars
AICM	Aeronautical Information Conceptual Model
AIM	Aeronautical Information Management
AIP	Aeronautical Information Publication
AIP SUP	Supplements to AIP
AIRAC	Aeronautical Information Regulation And Control
AIRM	ATM Information Reference Model
AIS	Aeronautical Information Services
AIXM	Aeronautical Information Exchange Model
ALS	Airborne Laser Scanning
AMDB	Aerodrome Mapping Database
AMDT	AIP Amendments
AM-FM	Automated Mapping – Facilities Management
AMXM	Aerodrome Mapping Exchange Model
ANAC	Autoridade Nacional de Aviação Civil
ANC	Air Navigation Commission
ANSI	American National Standards Institute
ANSP	Air Navigation Service Provider
APPLA	Associação Portuguesa Pilotos Linha Aérea
ARO	Air Traffic Services Reporting Office
ASHTAM	NOTAM relating to volcanic and/or dust activity
ASM	Airspace Management
A-SMGCS	Advanced Surface Movement Guidance and Control System
ATC	Air Traffic Control
ATFM	Air Traffic Flow Management
ATIS	Automatic Terminal Information Service
ATM	Air Traffic Management
ATS	Air Traffic Services
BIRDTAM	Bird hazard noTAM
CAD	Desenho Assistido por Computador
CAIS	Cadastral Information System
CCO	Centro de Controlo Oceânico
CGIS	Canada Geographic Information System
CGTA	Centro de Gestão de Tráfego Aéreo
CHP	Cartas Aeronáuticas
CI	Corporate Identity
CIGeoE	Centro de Informação Geoespacial do Exército

Abreviatura	Descrição
CNIG	Centro Nacional de Informação Geográfica
COM	Communications
COTS	Comerciais, off-the-shelf
CPLP	Comunidade dos Países de Língua Portuguesa
CRC	Cyclic Redundancy Check
CTR	ConTRol zone
D-ATIS	Data link-automatic terminal information service
DB	Database
DBMS	Database Management System
DEM	Digital Elevation Model
DGCA	Directors General of Civil Aviation
DGIWG	Defence Geospatial Information Working Group
DGT	Direção-Geral do Território
DME	Distance Measuring Equipment
dNOTAM	NOTAM Digital
DQTS	Data Quality Tool Set
DSM	Digital Surface Model
EAD	European AIS Database
eAIP	Electronic Aeronautical Information Publications
EASA	European Aviation Safety Agency
eCHART	Cartas Aeronáuticas eletrónicas
ECIT	EAD Client Interface Terminal
E-ESDI	Environmental European Spatial Data Infrastructure initiative
EFB	Electronic Flight Bag
EGM	Earth Gravitational Model
EGPWS	Enhanced Ground Proximity Warning System
ENR	EN-Route
ePIB	electronic Pre-flight Information Bulletins
ERIS	Environment Information System
ESAPRO	Espaço Aéreo e Procedimentos.
eTOD	electronic Terrain and Obstacle Data
ETOPS	Extended Range Twin Engined Operations
EUA	Estados Unidos da América
EUROCAE	European Organisation for Civil Aviation Equipment
EUROCONTROL	the European Organization for the Safety of Air Navigation
FAA	Federal Aviation Administration
FAB	Functional Airspace Blocks
FAP	Força Aérea Portuguesa
FIR	Flight Information Region
FMS	Flight Management System
FPL	Flight Plan
FPL	Flight Plan
GCM	Generic Conceptual Model
GIS	Geographic Information System

Abreviatura	Descrição
GMT	Greenwich Mean Time
GNM	Generic Network Model
GNSS	Global Navigation Satellites System
GPS	Global Positioning System
HLSC	High-level Safety Conference
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IAC	Instrument Approach Chart
IAF	Initial Approach Fix
IAID	Integrated Aeronautical Information Database
IAIP	Integrated Aeronautical Information Package
IATA	International Air Transport Association
ICA	International Cartography Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
ICE	Integrated Cartographic Environment
IDE	Infraestruturas de Dados Espaciais
IFR	Instrument Flight Rules
IFS	Internet File System
IfSAR	Interferometric Synthetic Aperture Radar
IGeoE	Instituto Geográfico do Exército
IIG	Infraestrutura de Informação Geográfica
ILS	Instrument Landing System
IMU	Inertial Measurement Unit
INO	International NOTAM Operation
IP	Internet Protocol
ISO	International Organization for Standardization
IT	Information Technology
LIDAR	Light Detection and Ranging
LIS	Land Information System
LMO	Legally Mandated Organizations
LMT	Local Mean Time
LRI	Legal Record Investigation
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelos Digitais do Terreno
MET	Meteorology/Meteorological information
METAR	METeorological Aerodrome or Aeronautical Report
MLAT	Multilaterarion
MNC	Modelos Numéricos Cartográficos
MNT	Modelos Numéricos Topográficos
MSAW	Minimum Safe Altitude Warning
MSL	Mean Sea Level
MVFR	Manual VFR
NAVAID	Navigation Aid
NOTAM	Notice to Airmen
NPA	Notice of Proposed Amendment

Abreviatura	Descrição
OGC	Open Geospatial Consortium
OGC CS-W	Open Geospatial Consortium Catalog Service for the Web
PAMS	Published AIP Management System
PBN	Performance-based navigation
PIB	Pre-flight Information Bulletins
PLTS	Production Line Tool Set
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring
RIV	Regiões de Informação de Voo
RNAV	Area Navigation
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics
RTK	Real Time Kinematic
SAR	Synthetic Aperture Radar
SARP	Standards And Recommended Practices
SAS	Single Authoritative Source
SDI	Spatial Data Infrastructure
SDIC	Spatial Data Interest Communities
SDM	Service Delivery Management
SDO	Static Data Operation
SES	Single European Sky
SESAR	Single European Sky ATM Research
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados
SGIA	Sistema de Gestão de Informação Aeronáutica
SGID	Sistema de Gestão de Informação Dinâmica
SGML	Standard Generalised Markup Language
SID	Standard Departure Chart
SIDG-AIM	Sistema Integrado de Dados Geoespaciais aplicado à Gestão da Informação Aeronáutica
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SIG-A	Sistemas de Informação Geográfica para a Aeronáutica
SKYGUIDE	Air Navigation Services of Swiss
SMP	Safety Management Panel
SNIG	Sistema Nacional de Informação Geográfica
SNIT	Sistema Nacional de Informação Territorial
SNOWTAM	SNOW State Message To Airmen
STA	Serviços de Tráfego Aéreo
STAR	Standard Arrival Chart
SWIM	System Wide Information Management
SYMAP	Synagraphic Mapping System
TAWS	Terrain Avoidance Warning System
TICA	Técnicos de Informação e Comunicações Aeronáuticas
TIG	Tecnologias de Informação Geográfica
TIN	Triangulated Irregular Network
TMA	Terminal Control Area
TWR	Tower

Abreviatura	Descrição
UAS	Unmanned Aerial Services
UML	Unified Modeling Language
URIS	Urban Information System
URL	Uniform Resource Locators
UTC	Coordinated Universal Time
VFR	Visual Flight Rules
VHF	Very high frequency [30 to 300 MHz]
Voice-ATIS	Voice-automatic terminal information service
W3C	World Wide Web Consortium
WADL	Web Application Description Language
WCS	Web Coverages Services
WFM	Workflow Management tool
WFS	Web Feature Services
WGS	World Geodetic System
WMS	Web Map Services
WSDL	Web Services Description Language
WWW	World Wide Web
XML	eXtensible Markup Language

# Introdução

## Enquadramento

*“For decades, the air transportation system has served the purpose well to expeditiously transport people and goods around the world, thereby directly supporting the global economy. However, the demands of modern society are changing, and the complexity of the international air transportation network continues to increase, as does traffic density, especially around metropolitan areas”* (Pufahl, 2012, p. 5).

De acordo com Pufhal (2012) para atender aos requisitos do conceito global de operação *Air Traffic Management* (ATM) é necessário aprimorar vários aspetos na gestão de informação, incluindo necessidades operacionais, objetivos de eficiência e uso de tecnologias de informação emergentes. Os novos requisitos em matéria de informação aeronáutica abrangem a melhoria da qualidade dos dados (exatidão, resolução e integridade), distribuição atempada da informação, intercâmbio digital e gestão mais eficiente da informação aeronáutica para evitar, por exemplo, o carregamento manual de dados e redundâncias.

A transição para o *Aeronautical Information Management* (AIM) exige a implementação e manutenção de um sistema integrado de bases de dados que se constitua como o repositório de todos os dados aeronáuticos relativos ao Estado e que cumpra os requisitos de interoperabilidade no respeitante ao formato e intercâmbio de dados. Este sistema deverá operar num ambiente de sistema aberto, integrar funcionalidades de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e possibilitar a interação dos dados estáticos e dinâmicos em tempo real.

O propósito fundamental dos SIG é o de possibilitar uma análise das situações, tendo em consideração a interação espacial e temporal inerente à esmagadora maioria dos fenómenos de base territorial (Julião, 2001), o autor refere ainda que uma das grandes potencialidades do SIG consiste na sua capacidade de integrar (quase) toda a informação existente relativa a uma determinada localização.

Numa breve resenha histórica, os primeiros SIG a nível mundial surgem em meados dos anos 60 do século XX, com o desenvolvimento do primeiro SIG operacional

em Ottawa, Ontário, Canadá pelo *Federal Department of Forestry and Rural Development*, desenvolvido por Roger Tomlinson, também reconhecido como o "pai dos SIG". Este SIG foi designado por *Canada Geographic Information System (CGIS)* e foi usado para armazenar, analisar e manipular dados recolhidos para o Inventário de Terras do Canadá, por forma a determinar a capacidade da terra para o Canadá rural através do mapeamento de informações sobre solos, agricultura, recreação, vida selvagem, aves aquáticas, silvicultura e uso da terra na escala de 1:50 000. O primeiro uso conhecido do termo *Geographic Information System (GIS)* foi precisamente de Roger Tomlinson, no ano de 1968, no artigo "Um Sistema de Informação Geográfica para o Planeamento Regional" (Sadiku, Tembely, & Musa, 2017).

A emergência das novas tecnologias de informação, nomeadamente ao nível da análise espacial, com a aumento da utilização das ferramentas SIG, prevendo a captura, armazenamento, processamento e partilha de informação, permitem auxiliar na elaboração de uma proposta para dar resposta às necessidades específicas identificadas no sector da aeronáutica, ao nível do fluxo de informação de cariz aeronáutico. Será necessário desenvolver um sistema alimentado por um fluxo de informação normalizado e sustentado por modelos de dados, para que nas tomadas de decisão, a informação utilizada não comprometa o resultado final.

Estamos perante um cenário que pode variar de sistemas de produção *Aeronautical Information Services (AIS)* manual, onde a intervenção humana ainda desempenha um papel crucial, para sistemas de produção semi-automáticos de AIS, onde a produção é menos dependente da intervenção humana, para sistemas de produção AIM totalmente automatizados onde essa intervenção é mínima.

Pufhal (2012) faz referência ao conceito de AIM citando a visão da International Civil Aviation Organization (ICAO) para a criação, gestão, partilha e integração de informação aeronáutica digital sensível ao tempo, entre todos os membros da comunidade global de ATM de uma forma eficiente e segura.

A integração de informação aeronáutica nos sistemas previstos, obriga à criação de novos procedimentos operacionais com a automatização de processos, onde os sistemas irão funcionar de forma sincronizada e atualizada quase em tempo real, de forma progressiva. Neste contexto a ICAO faz alusão, no manual de cartas aeronáuticas

(Doc. 8697 – ICAO, 2016b) a quatro níveis de automação em que o último nível é o mais sofisticado, em que cada nível incrementa um processo evolutivo na automação e diminui a necessidade de envolvimento humano. Os níveis são:

- 0: Manual
- 1: Centralização de dados (*Data Centric*)
- 2: Fluxo de trabalho (*workflow*) automatizado
- 3: Integração completa do AIM

No contexto da Cartografia Aeronáutica, num sistema automatizado, também é facilmente reconhecível a quantidade de Cartas que serão afetadas por cada mudança de dados. Esta abordagem minimiza o potencial de manipulação de erros, fornece aplicações para uma atualização de estado muito mais rápida e permite o acesso automático aos dados (ICAO, 2016a).

A transição do AIS para o AIM é um processo evolutivo que implica um desenvolvimento contínuo de sistemas e aplicações. O ambiente automatizado, conforme descrito neste contexto, está em linha com a maturidade atual dos sistemas AIS, mas abre o caminho para desenvolvimentos futuros (ICAO, 2016a).

## **Objetivos**

Esta tese é de teor predominantemente metodológico e resulta de uma investigação, orientada para a aplicação das Tecnologias de Informação Geográfica (TIG) ao AIM. Mais especificamente, esta tese tem dois objetivos fundamentais:

1) Criar um **Modelo Conceptual** que sirva de instrumento aos arquitetos de sistemas e aos analistas, concedendo-lhes as métricas necessárias à fundamentação científica dos seus conceitos, contribuir para a literatura de referência e incrementar a discussão acerca das características dos SIG em geral, e do papel dos SIG no AIM;

2) Constituir-se como um **instrumento de apoio à tomada de decisão** dos agentes que intervêm na gestão de informação aeronáutica e conseqüentemente na gestão de tráfego aéreo.

“Tal como tem sido defendido (Haggett e Chorley, 1967, 1969; Dalton, 1973; Gaspar, 1981; Worboys, 1998; Fotheringham, 1999, 2002; Wilson, 2000; Haggett, 2001),

o recurso aos modelos em ciência é uma obrigatoriedade, e é tão fundamental quanto o conhecimento teórico dos factos. Quer a nível do ensino, quer ao nível da investigação, os modelos constituem instrumentos para a exploração e criação de conhecimento” (Morgado, 2010, p. 4).

Esta tese tem como objetivo final a apresentação do desenho do modelo conceptual de um Sistema Integrado de Dados Geoespaciais aplicado à Gestão da Informação Aeronáutica (SIDG-AIM) por forma a fornecer e disponibilizar informação e notificar os utilizadores finais de forma atempada. Sendo integrado, permitirá combinar produtos produzidos separadamente e alterá-los para que possam interagir (Microsoft, 2001).

O propósito operacional da notificação antecipada, que inclui dados permanentes, é denominado de Planeamento e Referência, enquanto durante o pré-voo (*Pre-flight*) integra uma combinação de informações permanentes e mudanças temporárias, incluindo *Notice to Airmen* (NOTAM)<sup>3</sup>. Durante a fase *In-flight*, a temporalidade das informações necessárias cai no domínio da informação operacional diretamente aplicáveis, sendo essas mudanças temporárias mais próximas do tempo quase real, envolvendo pilotos e controladores de tráfego aéreo (Pufahl, 2012).

Finalmente, a fase pós-voo (*Post-flight*) fornece um mecanismo de *feedback* importante. Este mecanismo é totalmente integrado no *System Wide Information Management* (SWIM), podendo-se transformar num sistema adaptativo autorregulável. O pós-voo também fornece uma oportunidade para análise de trajetórias únicas ou agregadas usando informações arquivadas com recurso a ferramentas de análise espacial em ambiente SIG (Pufahl, 2012).

A transição prevista do AIS para AIM aponta para uma maior qualidade contemplando a exatidão e resolução da informação, garantindo a sua integridade, atualização célere privilegiada, e a segurança da navegação aérea face aos novos desafios do sector. Esta qualidade é pautada pela regulamentação emitida pelas

---

<sup>3</sup> Aviso aos pilotos.

entidades com responsabilidade regulamentar no âmbito da navegação aérea, sendo a EUROCONTROL a nível europeu e a ICAO a nível mundial.

O sistema de transporte aéreo é uma rede complexa de ligações entre pessoas, sistemas e processos. Coletivamente, as pessoas envolvidas na gestão do tráfego aéreo são reconhecidas num grupo denominado de “*The ATM Community*”. De acordo com apêndice A do *Global Air Traffic Management Operational Concept*<sup>4</sup>, apresentam-se assim, por ordem alfabética (in Pufahl, 2012):

- Autoridades reguladoras
- Comunidade de aeródromos
- Estados
- Fornecedores do espaço aéreo
- Fornecedores de serviços de ATM
- Indústria de suporte ATM
- Organização Internacional da Aviação Civil (ICAO)
- Utilizadores do espaço aéreo.

No seio desta comunidade, existe um grupo de utilizadores específico que está envolvido direta e ativamente em todas as tarefas das operações de voo, enquanto atores ATM, nomeadamente:

- Controladores de Tráfego Aéreo
- Fornecedores de informação
- Pilotos

Este grupo requiere acesso operacional direto à informação aeronáutica (Pufahl, 2012).

### **Opções metodológicas**

Esta tese responde às questões que se colocaram ao longo da investigação, em consonância com as necessidades da NAV Portugal, empresa responsável pela prestação de serviços de navegação aérea em Portugal, que pretende evoluir e posicionar-se no

---

<sup>4</sup> Doc. 9854 (ICAO).

âmbito das tecnologias de informação emergentes para gestão do tráfego aéreo. O objetivo será desenvolver um sistema integrado de dados geoespaciais, de forma a responder às iniciativas europeias para o desenvolvimento de um sistema modernizado e de alto desempenho de gestão de informação aeronáutica.

Na proposta apresentada, representam-se as componentes previstas no sistema, integrando as TIG com soluções SIG interoperáveis com as diversas bases de dados (BD) integrantes do sistema, convergindo numa BD Geográfica centralizada, enquanto repositório de informação aeronáutica. Os SIG interagem com as BD e projetos em desenvolvimento no âmbito de iniciativas europeias tais como, o *electronic Terrain and Obstacle Database* (eTOD), *Aerodrome Mapping Database* (AMDB) e dNOTAM (NOTAM Digital), que serão descritas ao longo deste documento.

Existem serviços em funcionamento, como os Procedimentos e Espaço Aéreo, o CNS (Comunicações, Navegação e Segurança), a *European AIS Database* (EAD), a Cartografia Aeronáutica que devem interagir diretamente com o SIG. Por fim, a *Electronic Aeronautical Information Publication* (eAIP), subordinada à EAD refere-se à publicação de informação aeronáutica em formato eletrónico.

Os SIG tendo uma das funcionalidades a criação de *outputs* compatíveis com os *Open Geospatial Consortium* (OGC) *Web Services*, permitirá a qualquer utilizador, credenciado para o efeito, aceder à informação partilhada. O SWIM servirá de repositório a toda esta informação que poderá ser partilhada a diversos tipos de utilizadores. Os SIG, enquanto sistema aberto e integrativo, podem interagir com sistemas fora da esfera apresentada no modelo conceptual.

Há a salientar ainda que toda a informação do sistema se rege por normas de qualidade, patentes no *Aeronautical Data Quality* (ADQ) e nas normas ISO<sup>5</sup> Standard, de forma que a informação cumpra a conformidade dos padrões aplicados a cada domínio.

---

<sup>5</sup> *International Organization for Standardization*

## Estrutura da tese

A tese encontra-se estruturada em cinco partes:

- Uma primeira parte de introdução, enquadramento e revisão de literatura de referência no contexto do AIS;
- Uma segunda parte onde se apresentam as bases conceituais no contexto do AIM e dos SIG com a demonstração fundamentada de como se podem integrar estas duas componentes, com ênfase na descrição do *roadmap* de transição do AIS para AIM e os projetos europeus para a modernização do sector aeronáutico, como o SES;
- Na terceira parte apresenta-se a NAV Portugal, empresa responsável pela prestação de serviços de tráfego aéreo em Portugal, como estudo de caso desta dissertação;
- Uma quarta parte que descreve a proposta do Modelo Concetual que integra as tecnologias SIG adaptadas aos requisitos do AIM, dando resposta à estratégia da NAV Portugal como estudo de caso;
- Uma última parte de considerações finais para a implementação de um sistema desta natureza.

## I. Enquadramento e estado da arte

Este capítulo faz o enquadramento da temática desta tese e o estado da arte do sector em termos organizacionais e legislativos, com ênfase na emergência da tecnologia associada.

### I.1 Liberdade e Soberania Aérea

É da assunção internacional de que o território de um Estado tem uma tripla dimensão: terrestre, marítima e aérea. O reconhecimento da extensão da soberania nacional no sentido vertical dá lugar à formação do conceito de “Estado-volume” em oposição ao de “Estado-superfície”, surgindo, conseqüentemente, um complexo normativo de formação internacional e interna que se designa de Direito Aéreo (Santos, 1996).

O objetivo principal desta tese é o de efetuar uma proposta de um modelo concetual para integração de informação aeronáutica, normalizada, em ambiente tridimensional, num sistema de informação desenvolvido e configurado para gestão de informação aeronáutica, respeitando toda a legislação e regulamentação que o sector aeronáutico pressupõe.

Apesar de não se visualizarem as fronteiras, os níveis de voo e as rotas percorridas pelas aeronaves no espaço aéreo, esta informação existe, e desde que se começou a olhar para o espaço aéreo como propriedade, teve início a discussão sobre a liberdade aérea e a quem pertence, aumentando progressivamente a celeridade do processamento de dados aeronáuticos e partilha atempada junto de todos os intervenientes na gestão de tráfego aéreo.

É importante enquadrar algumas ideias acerca da liberdade aérea, com o esboço do passado, e com o estudo e previsão do futuro (Rosa, 2006). Existe uma referência de 1636, de John Selden<sup>6</sup>, na sua célebre obra *Mare Clausum*<sup>7</sup>, que defendia que o Ar era propriedade absoluta do território por ele coberto.

---

<sup>6</sup> Jurista inglês e professor de leis antigas inglesas e constituição (1584-1654).

<sup>7</sup> Termo legal usado no direito internacional e refere-se a qualquer mar ou corpo de água navegável que esteja sob a jurisdição de um país, sendo restrito a outras nações.

Na conferência de Haia de 1899 fizeram referência à utilização dos balões em tempo de guerra, limitando-lhes a ação. Clement Ader<sup>8</sup> fizera, em 1890, o primeiro salto de 50 metros de comprimento, em avião, e os irmãos Wright<sup>9</sup> só apareciam a voar em 1903. Em 1907, na Conferência de Haia, o caso do direito de sobrevoo volta a ser limitado. Entre maio e junho de 1910 realizaram-se reuniões enquadradas numa conferência internacional, convocada pelo governo francês, para tratar de problemas aéreos referentes a balões e aviões, mas não houve acordo.

Em 1911 o Ministro da Guerra da Grã-Bretanha, coronel Seely<sup>10</sup>, promulga o *Aerial Navigation Act*, depois de *zeplins* alemães terem sobrevoado várias cidades inglesas. Por essa lei se proibia o voo sobre certas zonas. Em 1912 a Rússia, a Alemanha e a França estabelecem um acordo a respeito da situação aérea (Rosa, 2006). Anteriormente à guerra de 1914 cada estado achava-se no direito de considerar seu o espaço aéreo suprajacente às suas fronteiras. Em linguagem geométrica cada estado considerava como seu o espaço limitado por *uma superfície cônica cujo vértice estaria no centro da terra e cuja diretriz seria a fronteira terrestre e marítima*.

Após a 1.<sup>a</sup> Grande Guerra Mundial (1914-1918), a aviação foi objeto de um enorme desenvolvimento. Dos 115 km/h (avião M.S.P) evolui-se para os 220 km/h (SPAD S.XIII de 200CV<sup>11</sup>), a velocidade ascensional foi de 2.000 metros de altitude (6.560 pés) em 25 minutos (Caudron G.3<sup>12</sup>) a 2.000 metros em 4 minutos e meio (SPAD), o teto passou de 3.500 metros (11.480 pés) com o Caudron G.3 para 6.500 metros (21.325 pés)

---

<sup>8</sup> Clément Agnès Ader (1841-1925) foi um engenheiro francês, precursor da aviação e inventor do termo *avion*.

<sup>9</sup> Os Irmãos Wright, Wilbur (1867-1912) e Orville (1871-1948), Norte americanos, foram inventores e pioneiros da aviação aos quais foi concedido o crédito pelo desenvolvimento da primeira máquina voadora mais pesada que o ar, que efetuou um voo controlado, em 17 de Dezembro de 1903.

<sup>10</sup> Major General John Edward Bernard Seely (1868-1947), General e político do exército britânico, foi secretário de Estado da Guerra nos dois anos anteriores à Primeira Guerra Mundial.

<sup>11</sup> O SPAD S.XIII foi um avião de combate biplano francês da Primeira Guerra Mundial, desenvolvido pela *Société Pour L'Aviation et ses Dérivés* (SPAD).

<sup>12</sup> O Caudron G.3 foi um biplano monomotor construído pelos irmãos Gaston e René Caudron, tendo sido amplamente utilizado na Primeira Guerra Mundial como uma aeronave de treinamento e reconhecimento.

com o *Breguet*<sup>13</sup>. O transporte de bombas passou de cem para quinhentos quilos através do *Farman bimotor F.50*<sup>14</sup>. Comparando com a realidade atual, as aeronaves podem operar até ao limite inferior da estratosfera podendo circular nos 12.190 metros de altitude (40.000 pés), dependendo da performance de cada aeronave (Rosa, 2006). Com uma densidade de tráfego aéreo muito superior à registada há precisamente 100 anos e com a evolução tecnológica da indústria aeronáutica, a necessidade dos intervenientes no ATM no que respeita ao AIM nunca foi tão pertinente como agora.

Os sistemas existentes de controlo de tráfego aéreo evidenciam dificuldades em gerir os desafios da aviação do século XXI. O tráfego aéreo cresceu exponencialmente desde o advento dos sistemas atuais e deverá aumentar substancialmente no futuro. De acordo com estimativas da ICAO, a aviação comercial prevê 11 bilhões de passageiros até 2027, mais do dobro do valor registado em 2009, representando um aumento anual de 4,2% (Robinson, 2009).

Após o Tratado de Versalhes (1919), tratado de paz assinado pelas potências europeias que encerrou oficialmente a Primeira Guerra Mundial, e aproveitando a estadia em França de representantes diplomáticos, celebra-se a Conferência Internacional Aérea de 13 de outubro de 1919, à qual Portugal aderiu. O seu artigo 15.º refere: *“toda a aeronave pertencente a um estado contratante tem o direito de atravessar a atmosfera de um outro, sem aterrar. Neste caso é obrigado a seguir o itinerário fixado pelo estado sobrevoado. Contudo, por razões de política geral será obrigado a aterrar se para isso receber ordem, por meio de sinais previstos no anexo D”*. E mais adiante, na redação inicial, está presente a referência: *“O estabelecimento de linhas internacionais de comunicação aérea está subordinado ao consentimento dos estados sobrevoados”*. No artigo 2.º da mesma convenção refere-se: *“cada estado contratante declara conceder em tempo de paz às aeronaves dos outros estados contratantes, a liberdade de passagem inofensiva por cima do seu território, desde que as condições estabelecidas na presente convenção sejam observadas”*. E para complicar,

---

<sup>13</sup> O Breguet 14 era um bombardeiro de biplano francês e utilizado como aeronave de reconhecimento durante a 1.ª Grande Guerra Mundial.

<sup>14</sup> O F.50 foi um bombardeiro bimotor francês construído pela Empresa *Farman*. Entrou em serviço no final da 1.ª Grande Guerra Mundial e não teve influência no desenrolar das batalhas finais.

a convenção abre com o artigo 1.º que refere: “*as altas partes contratantes reconhecem que cada potência tem a soberania completa e exclusiva sobre o espaço atmosférico por cima do seu território*”. A própria convenção já marcava a oscilação de opiniões entre as posições extremas: a liberdade absoluta ou soberania absoluta do espaço aéreo. Pelo artigo 34.º, como que adivinhando complicações futuras criou-se a Comissão Internacional de Navegação Aérea, comissão esta permanente e colocada sob a autoridade da Sociedade das Nações (Rosa, 2006).

Na resolução deste conflito de interesses está presente o antagonismo entre três doutrinas: a de que o **espaço aéreo é livre**, a de que o espaço aéreo está submetido à **soberania** do Estado subjacente e, uma terceira tese eclética, que parte do pressuposto de que o radicalismo das anteriores deve ser abandonado por implicar o gravoso prejuízo para interesses fundamentais como a **segurança dos Estados** e o **desenvolvimento da aviação civil internacional**. Esta tese surge com duas formulações: a da liberdade com as limitações decorrentes do legítimo direito de defesa dos Estados subjacentes e a da soberania com limitações que promovam o tráfego internacional, sem que seja diminuída a segurança do Estado subjacente (Santos, 1996).

Na Convenção de Varsóvia<sup>15</sup> o artigo 15.º foi retomado à discussão com base no estudo do conselheiro do Ministério do Reich, Dr. *Alfred Wegerdt*<sup>16</sup>, que referia que esse artigo carecia de esclarecimento. Na sessão de 11 de junho de 1929 a questão foi clarificada. As potências proprietárias de linhas aéreas de qualidade defendiam a liberdade de passagem enquanto as outras criavam resistências e defendiam a larga soberania aérea. Das trinta e uma presentes, vinte e sete votaram pela soberania e quatro pela liberdade aérea, nomeadamente Inglaterra, Estados Unidos da América, Holanda e Suécia. Daqui resultou o protocolo de 15 de junho de 1929, que entrou em vigor em 13 de maio de 1933, alterando o artigo 15.º, que se passou a revestir de uma fórmula literalmente diferente, onde constava “*...está subordinada ao consentimento dos estados sobrevoados*”, passa a “*...pode ser subordinada ao consentimento dos*

---

<sup>15</sup> Convenção, assinada em 12 de outubro de 1929, para a unificação de certas regras relativas ao transporte internacional de pessoas, bagagens ou mercadorias.

<sup>16</sup> Alfred Wegerdt (1878-1956) foi um advogado alemão e Ministro da Força Aérea Alemã na Segunda Guerra Mundial.

*estados sobrevoados*". Como refere Frederico Rosa, importa salientar que neste processo venceu a **tese da soberania**, tese essa que ainda hoje sobrevive no âmbito do direito internacional. Sintetizando, sob o âmbito jurídico podem-se considerar três teorias no direito aéreo:

- Da liberdade no espaço aéreo;
- Da soberania do espaço aéreo;
- A mista: liberdade condicionada.

A teoria da soberania do espaço aéreo vigora atualmente, embora preveja a liberdade de passagem inofensiva. Esta conceção é restringida à estruturação de rotas, e à possível necessidade de consentimento do estado sobrevoado. Como refere J. Coelho dos Santos (1996, p.3), *a tese vigente na atualidade parte do reconhecimento aos Estados do seu direito natural de defesa da integridade territorial e independência, instrumentalmente assente na já plenamente reconhecida importância bélica da aviação, como arma de combate eficaz e fundamental, constituindo um forte argumento de dissuasão em tempo de paz e uma componente de força essencial em situação de conflito armado.*

## **I.2 As Convenções sobre a Aviação Civil e o nascimento da ICAO**

Por Direito Aéreo entende-se o sistema de princípios e regras de direito público e privado, nacional e internacional que regula a constituição e funcionamento das organizações aeronáuticas e as relações jurídicas resultantes da atividade aérea civil. A doutrina especializada considera o direito aéreo como um ramo de direito autónomo de cariz fundamentalmente internacional que disciplina exclusivamente a atividade da aviação civil internacional e nacional, regulando aspetos de natureza jurídica diversa, exemplarmente, administrativa, fiscal, penal, processual, civil, comercial e laboral (Santos, 1996).

A construção deste complexo normativo resulta essencialmente do conjunto de Tratados e Acordos internacionais, seus aditamentos e alterações, relativos ao transporte aéreo. Neste complexo normativo destacam-se a Convenção de Varsóvia em 1929, a Convenção de Roma de 1933 onde se abordou a responsabilidade por danos causados por aeronaves a terceiros e sua propriedade na superfície. Nas Convenções de

Tóquio de 1963, Haia de 1970 e de Montreal de 1971 foi abordada a prevenção e sanção de ilícitos penais na aviação civil. Por último a Convenção sobre Aviação Civil Internacional de 1944 realizada em Chicago (EUA) estabelece a estrutura organizativa fundamental de toda a aviação civil atual, cujos antecedentes de maior relevo são as Convenções de Paris de 1919, de Madrid de 1926 e de Havana de 1928 (Santos, 1996).

### *1.2.1 A Convenção de Chicago*

O acontecimento jurídico aéreo internacional mais importante da história da aviação com a convocatória e celebração, ainda em plena guerra, foi a Conferência de Chicago. Por iniciativa dos Estados Unidos da América do Norte, reuniram, em Chicago, a 1 de novembro de 1944, os representantes de cinquenta e duas Nações, com vista à criação de uma nova organização internacional para a aviação civil que tomasse a seu cargo a elaboração de um regime jurídico internacional para a navegação aérea. (Santos, 1996)

Na eminência do fim da Segunda Guerra Mundial constata-se que com a aplicação à aviação civil dos progressos técnicos da aeronáutica militar ocorridos durante o conflito a atividade aérea comercial entraria em franca expansão se não fosse asfixiada pela regulamentação estadual e pela complexidade negocial e burocrática que os voos internacionais, à luz da tese da soberania, implicariam. Era essencial que se elaborasse um texto que reunisse o acordo dos representantes dos Estados presentes na Conferência e que fosse apelativo a posteriores adesões, não interferindo com aspetos de política interna nem pressupondo limitações automáticas dos poderes de soberania e que, complementarmente, criasse uma organização que promovesse a harmonização das legislações nacionais, cuidasse de desenvolver os princípios e regras internacionais e controlasse a sua aplicação (Santos, 1996).

De acordo com Santos (1996), é neste cenário, que após sete semanas de trabalho, resulta da Conferência um documento nuclear para a aviação - a Convenção sobre Aviação Civil Internacional, em que se prevê a criação da ICAO que assim iniciava a sua vigência com carácter provisório (situação em que se manteve até terem sido depositadas as 26 ratificações necessárias ao início da contagem de 30 dias para entrar em vigor, o que veio a ocorrer em 4 de abril de 1947).

### 1.2.2 *International Civil Aviation Organization*

A ICAO, com sede em Montreal no Canadá, foi fundada em 1944 como uma agência das Nações Unidas. Os seus poderes têm origem no tratado que até ao momento foi ratificado por 188 países, tornando-o um dos instrumentos jurídicos internacionais com maior aceitação no mundo. Através de um conjunto de objetivos estratégicos, a ICAO esforça-se para alcançar a sua visão de desenvolvimento seguro e sustentável da aviação civil através da cooperação entre seus Estados Membros. Estes objetivos globais incluem: melhorar e garantir a segurança da aviação, promover medidas para proteger o ambiente, aumentar a eficiência dos procedimentos da aviação, sustentar um fluxo ininterrupto de operações de aviação e reforçar o direito da aviação internacional. A notável segurança e confiabilidade das viagens aéreas internacionais ao longo dos últimos 60 anos deve muito ao cumprimento bem sucedido desses objetivos (Robinson, 2009).

Com o crescimento cada vez maior das viagens aéreas internacionais, os desafios únicos da aviação do século XXI obrigam a ICAO a reavaliar continuamente sua finalidade e relevância. A ICAO desenvolveu protocolos e procedimentos para produzir e compartilhar dados aeronáuticos digitais que serão a base de um sistema de gestão de tráfego aéreo homogêneo a nível mundial (Robinson, 2009). O primeiro desses protocolos a serem codificados refere-se à base de dados de terreno e obstáculos em formato eletrónico, sendo temáticas que fazem parte do modelo concetual desenvolvido nesta tese.

#### 1.2.2.1 *ICAO Standards and Recommended Practices e Anexos*

A ICAO deu origem a uma série de práticas recomendadas e normas para o sector aeronáutico, nomeadamente as ICAO SARP (*Standards and Recommended Practices*) para cada área da responsabilidade da ICAO, e estão contidas em 19 Anexos. Cada anexo trata de uma área específica e todos estão sujeitos a emendas regulares e os detalhes em relação a muitos deles estão contidos em publicações numeradas, denominadas de *ICAO Document Series*. Os termos *Standard* e *Recommended Practice* na aviação são utilizados pela ICAO com definições específicas:

- *Standard*, significa qualquer especificação de características físicas, configuração, material, desempenho, pessoal ou procedimento, cuja aplicação uniforme seja reconhecida como necessária para a segurança ou regularidade da navegação aérea internacional e para os quais os Estados Contratantes se conformarão de acordo com a Convenção; em caso de impossibilidade de cumprimento, a notificação ao Conselho é obrigatória nos termos do artigo 38.º da Convenção (Eurocontrol, 2017);
- *Recommended Practice* significa qualquer especificação de características físicas, configuração, material, desempenho, pessoal ou procedimento, cuja aplicação uniforme seja reconhecida como desejável no interesse da segurança, regularidade ou eficiência da navegação aérea internacional e a que os Estados Contratantes devem se esforçar para se conformar de acordo com a Convenção (Eurocontrol, 2017).

O modelo concetual proposto nesta tese deverá seguir os *standards* e práticas recomendadas por alguns destes documentos fundamentais, que se passam a listar na Tabela 1:

Tabela 1 – Anexos ICAO

<b>Número do Anexo</b>	<b>Designação</b>
<b>Annex 1</b>	<i>Personnel Licensing</i>
<b>Annex 2</b>	<i>Rules of the Air</i>
<b>Annex 3</b>	<i>Meteorological Services</i>
<b>Annex 4</b>	<i>Aeronautical Charts</i>
<b>Annex 5</b>	<i>Units of Measurement</i>
<b>Annex 6</b>	<i>Operation of Aircraft</i>
<b>Annex 7</b>	<i>Aircraft Nationality and Registration Marks</i>
<b>Annex 8</b>	<i>Airworthiness of Aircraft</i>
<b>Annex 9</b>	<i>Facilitation</i>
<b>Annex 10</b>	<i>Aeronautical Telecommunications</i>

<b>Número do Anexo</b>	<b>Designação</b>
<b>Annex 11</b>	<i>Air Traffic Services</i>
<b>Annex 12</b>	<i>Search and Rescue</i>
<b>Annex 13</b>	<i>Aircraft Accident and Incident Investigation</i>
<b>Annex 14</b>	<i>Aerodromes</i>
<b>Annex 15</b>	<i>Aeronautical Information Services</i>
<b>Annex 16</b>	<i>Environmental Protection</i>
<b>Annex 17</b>	<i>Security</i>
<b>Annex 18</b>	<i>The Safe Transportation of Dangerous Goods by Air</i>
<b>Annex 19</b>	<i>Safety management</i>

Fonte: Adaptado de (ICAO, 2012).

Os Anexos 2, 5, 7 e 8 contêm padrões internacionais e não há práticas recomendadas. Os restantes 15 anexos contêm ambos. Os Estados contratantes são obrigados a notificar as diferenças nas normas e convidados a notificar as diferenças das práticas recomendadas nos anexos. Esta informação é apresentada em suplementos aos anexos. Note-se que as Normas da ICAO não impedem o desenvolvimento de normas nacionais que possam ser mais rigorosas do que as contidas num Anexo.

Os pontos que se seguem fazem referência aos anexos e documentos ICAO fundamentais à elaboração desta tese.

#### 1.2.2.1.1 Anexo 4 – Aeronautical Charts

O anexo 4, relativo às Cartas Aeronáutica, é um dos mais importantes para o tema desta tese. O mundo da aviação que por sua própria natureza não conhece limites geográficos ou políticos, exige cartas diferentes dos utilizados no transporte terrestre. Para o desempenho seguro das operações aéreas, é essencial que uma fonte, atual, abrangente e autorizada de informação de navegação, seja disponibilizada em todos os momentos, e as cartas aeronáuticas fornecem um meio conveniente para fornecer essas informações de forma a que seja possível gerir, condensar e coordenar.

As cartas aeronáuticas não só fornecem informações bidimensionais comuns à maioria das cartas através da denominada cartografia base, mas também podem retratar aspetos relacionados com os serviços de tráfego aéreo de forma tridimensional. Quase todos os Estados da ICAO produzem cartas aeronáuticas e a maioria dos segmentos de aviação fazem-lhes referência para planeamento, controle de tráfego aéreo e fins de navegação. Sem a padronização global das cartas aeronáuticas, seria difícil para os pilotos e outros utilizadores das cartas encontrar e interpretar efetivamente informações de navegação importantes.

O fluxo seguro e eficiente do tráfego aéreo é facilitado pelas cartas aeronáuticas desenhadas para padrões aceites pela ICAO (ICAO, 2012).

Os padrões, práticas recomendadas e notas explicativas contidas no Anexo 4 definem as obrigações dos Estados de disponibilizar determinados tipos de cartas aeronáuticas da ICAO e especificam cobertura, formato, identificação e conteúdo da carta, incluindo simbologia padronizada e uso de cores (Figura 1), como está convencionado no *Appendix 2, 3 e 4* do Anexo 4 da ICAO (ICAO, 2009a).

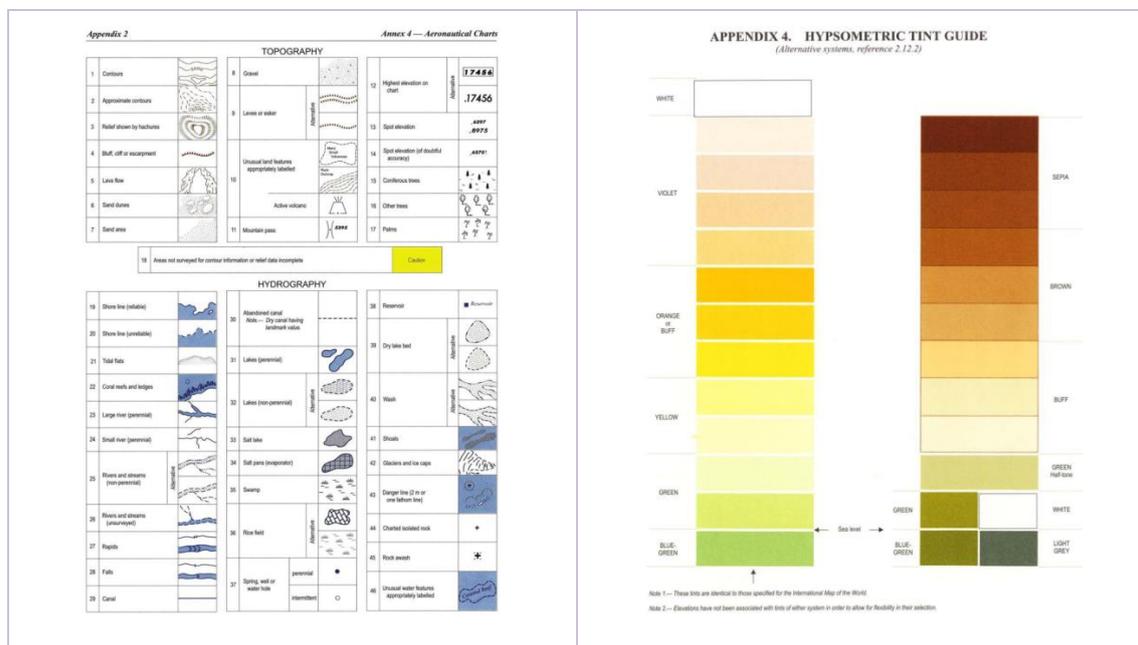


Figura 1 – Símbolos das Cartas ICAO (appendix 2) e Guia de tintas para Hipsometria (appendix 4): exemplos

Fonte: ICAO Annex 4 – Aeronautical Charts (2009)

O objetivo é satisfazer a necessidade de uniformidade e consistência na provisão das cartas aeronáuticas que contenham informações apropriadas de uma qualidade definida. Quando uma carta aeronáutica publicada contém "ICAO" no seu título, isso

indica que o produtor da carta se conformou com os padrões gerais do Anexo 4 e os pertencentes a um tipo de carta ICAO específica.

O Conselho da ICAO adotou pela primeira vez os padrões e práticas recomendadas originais em 1948. O Anexo 4 tem as suas origens no "Anexo J - *Aeronautical Maps and Charts*" dos Projetos de Anexos Técnicos adotados pela Conferência Internacional de Aviação Civil em Chicago em 1944. Desde a adoção da primeira edição que fornece especificações para sete tipos de cartas ICAO, e já foram realizadas cinquenta e três emendas para atualizar o anexo para incorporar os rápidos avanços em navegação aérea e tecnologia recente ao nível da elaboração cartográfica. A série ICAO de cartas aeronáuticas agora é constituída por vinte e um tipos, cada um destinado a servir um determinado propósito. As cartas aeronáuticas variam entre cartas detalhadas para aeródromos ou heliportos individuais e cartas de pequena escala para fins de planeamento de voo (ICAO, 2012).

Existem três séries de cartas disponíveis para planeamento e navegação visual, cada uma com uma escala diferente.

- A série *Aeronautical Navigation Chart*, corresponde às cartas de pequena escala da ICAO que cobrem a maior área para uma determinada quantidade de papel, e têm uma finalidade geral adequada para o planeamento de voo de longo alcance;
- A *World Aeronautical Chart*, as cartas ICAO 1:1 000 000, fornecem cobertura mundial completa com apresentação uniforme de dados em escala constante e são utilizados na produção de outras cartas (Figura 2);
- O *Aeronautical Chart*, a série ICAO 1:500 000, fornece mais detalhes e é um meio adequado para o treino de pilotos e navegação. Esta série é mais adequada para uso em aeronaves de baixa velocidade, de curto ou médio alcance que operam em altitudes baixas e intermediárias, como o exemplo dos voos VFR - *Visual Flight Rules* (Figura 3) (ICAO, 2012).

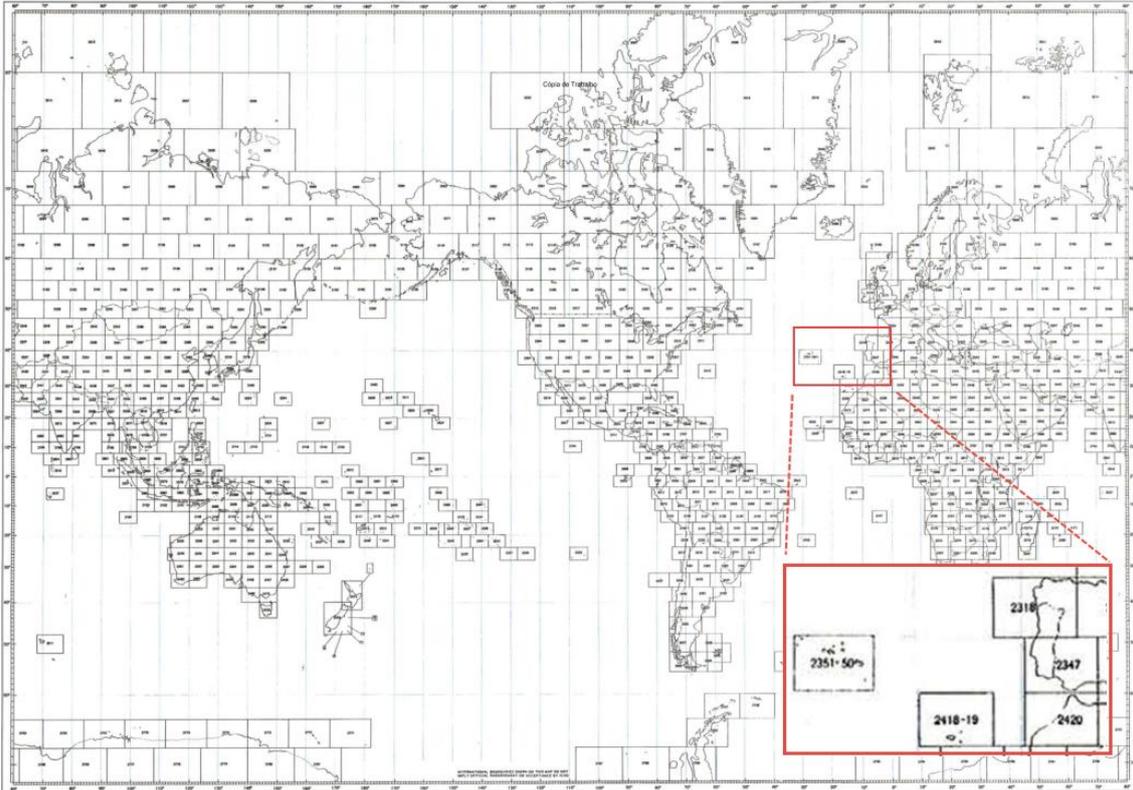


Figura 2 – Layout das folhas para World Aeronautical Chart (appendix 5)

Fonte: adaptado do ICAO Annex 4 – Aeronautical Charts (2009)

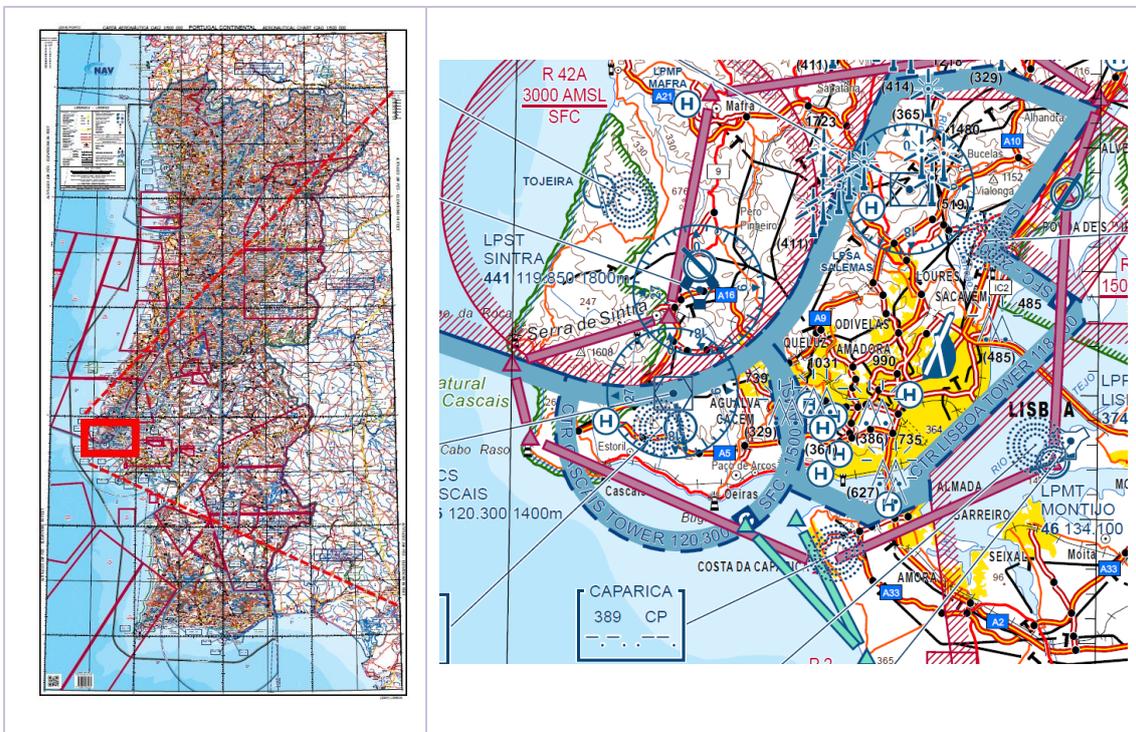


Figura 3 – Carta Aeronáutica OACI 1:500 000 Portugal Continental

Fonte: NAV Portugal (2015)

A grande maioria dos voos programados ocorrem ao longo das rotas definidas por sistemas de navegação eletrónicos que tornam a referência visual ao solo desnecessária. Este tipo de navegação é conduzido de acordo com as regras de voo por instrumentos sendo necessário para cumprir os procedimentos dos serviços de controlo de tráfego aéreo. A *Enroute Chart – ICAO* (Figura 4) retrata algumas componentes do serviço de tráfego aéreo, as radio ajudas e outras informações aeronáuticas essenciais à navegação *en-route* com regras de voo por instrumentos (*IFR – Instrument Flight Rules*). Estas cartas são projetadas para fácil manipulação no espaço confinado de uma aeronave, e a apresentação de informações é tal que pode ser facilmente lida em diferentes condições de luz natural e artificial. Onde os voos atravessam extensas áreas oceânicas e escassamente povoadas, as *Plotting Chart - ICAO* fornecem um meio de manter um registo de voo contínuo da posição da aeronave e às vezes é produzido para complementar as cartas de rota mais complexas (ICAO, 2012).

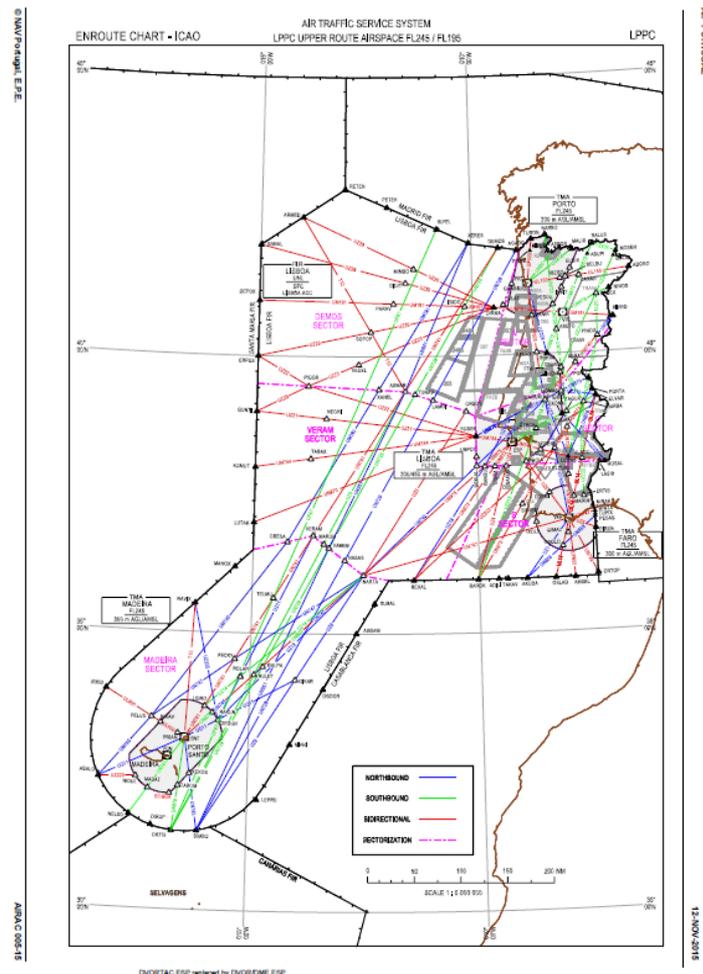


Figura 4 – Enroute Chart - ICAO

Fonte: NAV Portugal (2018)

À medida que um voo se aproxima do seu destino, são necessários mais detalhes sobre a área em redor do aeródromo, com as cartas STAR (*Standard Instrument Arrival*), IAC (*Instrument Approach Chart*) e Cartas de aeródromo, como se exemplifica na Figura 5.

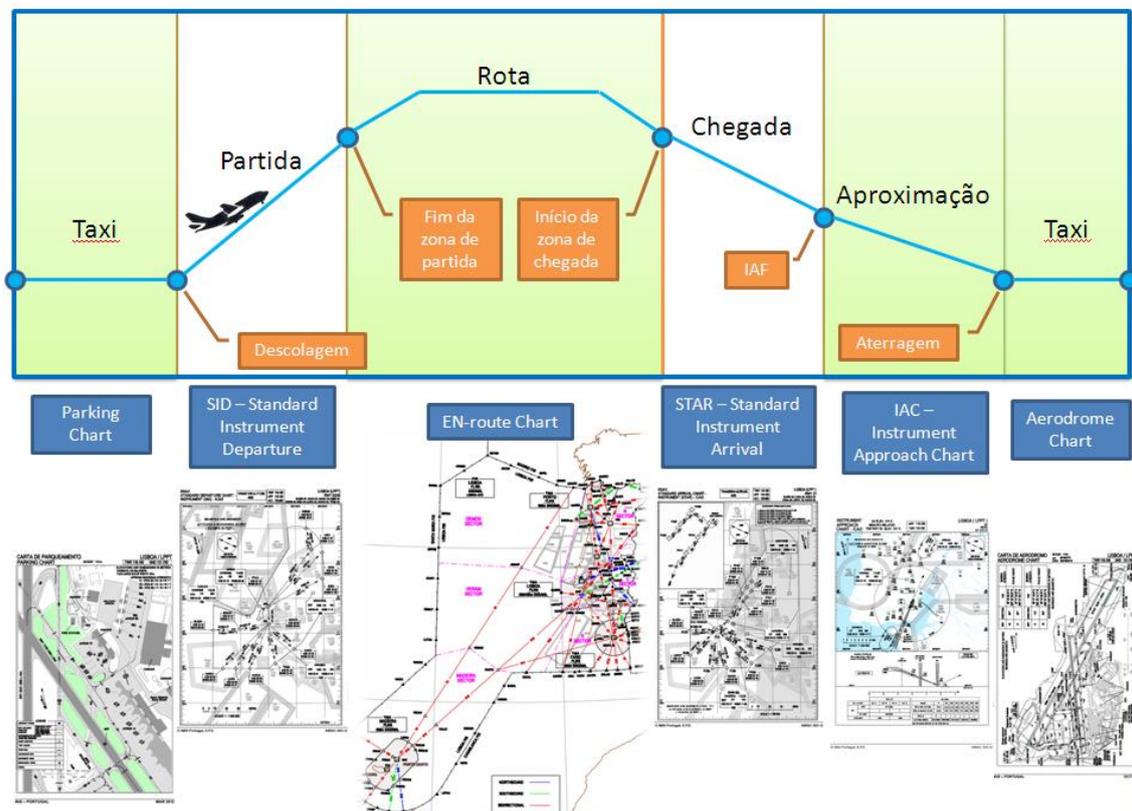


Figura 5 – Representação do percurso de voo de uma aeronave - *gate to gate*

A *ICAO Area Chart* fornece aos pilotos informações para facilitar a transição da fase em rota para a fase de aproximação final, bem como das fases de decolagem para rota do voo. As cartas são projetadas para permitir que os pilotos cumpram os procedimentos de partida e chegada e os procedimentos padrão de espera (*holding*). Estes procedimentos são coordenados com as informações nas cartas de aproximação por instrumentos (IAC). Muitas vezes as rotas ou os requisitos de posição são diferentes para as chegadas e para as partidas e estas não podem ser mostradas com clareza suficiente na *Area Chart*, com ilustra a Figura 6 (ICAO, 2012).

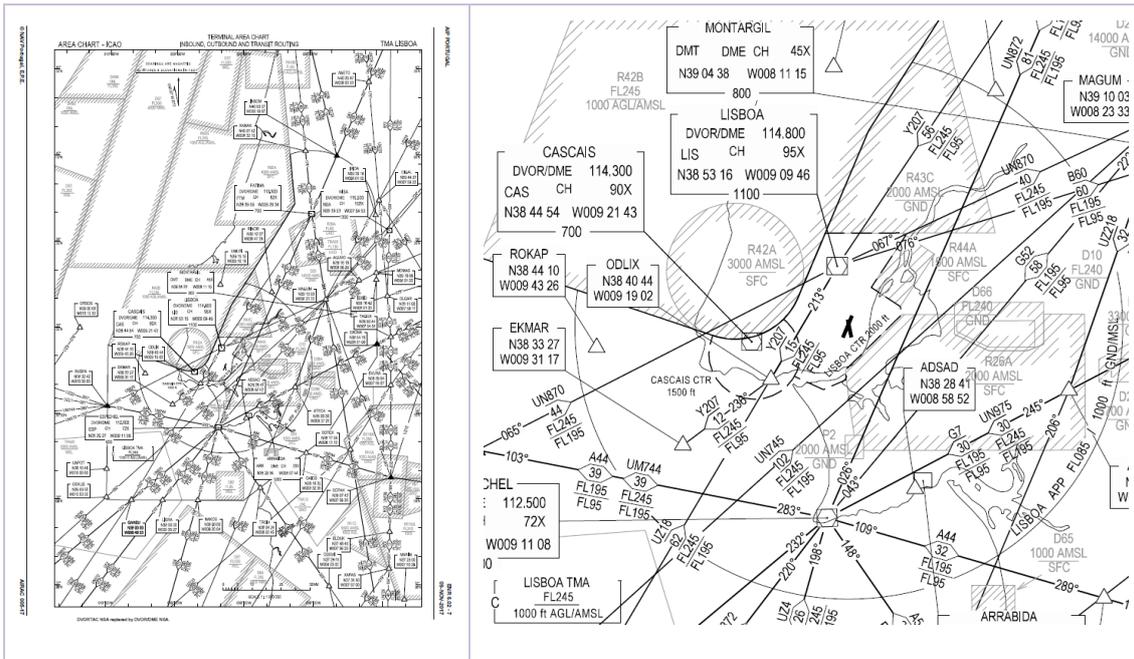


Figura 6 – Area Chart - ICAO

Fonte: NAV Portugal (2018)

Nestas condições, é produzido em separado um *Standard Departure Chart* — *Instrument (SID)* e um *Standard Arrival Chart* — *Instrument (STAR)*. A *Area Chart* também pode ser complementada por uma *Radar Minimum Altitude Chart* que será projetada para fornecer a informação para habilitar as equipas de voo a monitorizar e verificar as altitudes atribuídas enquanto estiver sob controlo de radar.

A ***Instrument Approach Chart*** (Carta de Aproximação por Instrumentos) fornece ao piloto uma apresentação gráfica dos procedimentos de aproximação por instrumentos e procedimentos de aproximações falhadas, caso a aterragem não tenha sido possível realizar. Este tipo de carta contém uma visão do plano e perfil da aproximação com detalhes completos dos auxiliares de navegação de rádio associados e informações necessárias de aeródromo e a respetiva informação topográfica (Figura 7). Quando uma abordagem de tipo visual é utilizada, o piloto pode recorrer a uma *Visual Approach Chart* (Carta de Aproximação Visual) que ilustra o *layout* básico de aeródromo e os recursos circundantes facilmente reconhecíveis do ar. Além de fornecer orientação, estas cartas são projetadas para destacar potenciais perigos, como obstáculos, terrenos elevados e áreas de espaço aéreo considerado perigoso como se ilustra na Figura 8 (ICAO, 2012).

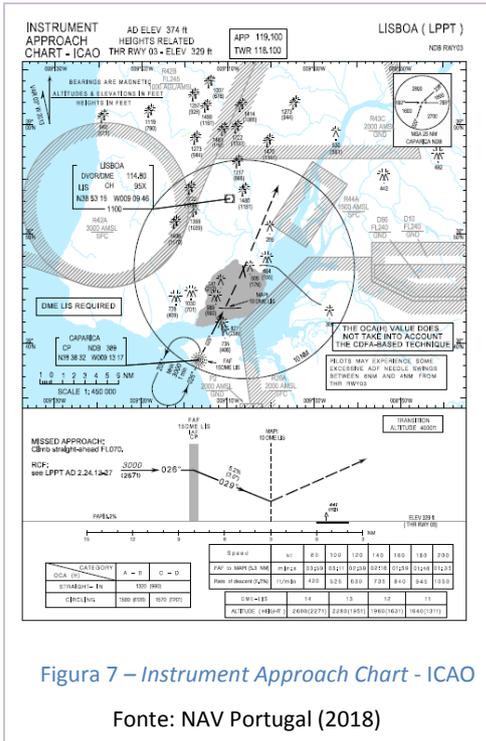


Figura 7 – Instrument Approach Chart - ICAO  
Fonte: NAV Portugal (2018)

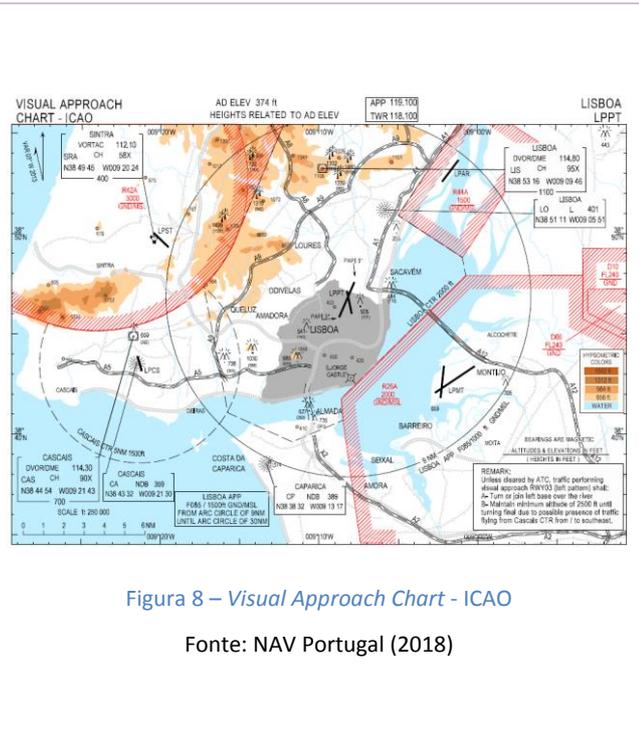


Figura 8 – Visual Approach Chart - ICAO  
Fonte: NAV Portugal (2018)

A **Aerodrome/Heliport Chart** (Carta de Aeródromo/Heliporto) fornece uma ilustração do aeródromo ou heliporto que permite ao piloto reconhecer características significativas, limpe rapidamente a área de aterragem da pista ou do heliporto após a aterragem e siga as instruções de rolagem e estacionamento (*taxiing*). As cartas mostram as áreas de movimentação de aeródromo/heliporto, locais de indicadores visuais, auxiliares de orientação de rolagem e estacionamento, iluminação de aeródromo/heliporto, hangares, edifícios terminais e espaços reservados para aeronave/heliporto, vários pontos de referência necessários para a configuração e verificação de sistemas de navegação e informações operacionais, como informações relativas ao pavimento e as frequências das estações de comunicação por rádio (Figura 9). Em grandes aeródromos, onde todas as informações de rolagem e estacionamento da aeronave não podem ser claramente mostradas no *Aerodrome/Heliport Chart*, os detalhes são fornecidos pela *Aerodrome Ground Movement Chart* (Figura 10) e a *Aircraft Parking/Docking Chart* (ICAO, 2012).

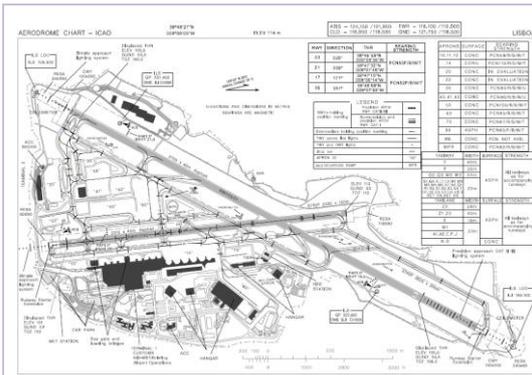


Figura 9 – Aerodrome Chart - ICAO

Fonte: NAV Portugal (2018)

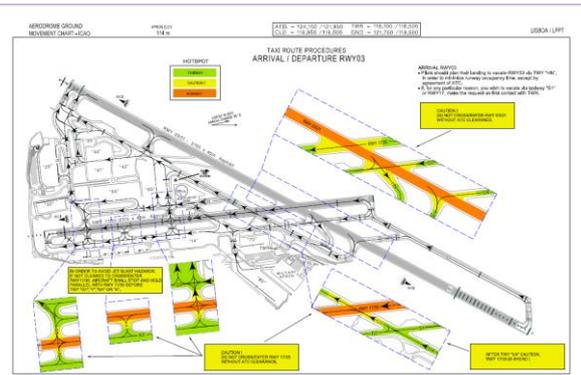


Figura 10 – Aerodrome Ground Movement Chart - ICAO

Fonte: NAV Portugal (2018)

As alturas dos obstáculos em torno dos aeroportos são de importância crítica para as operações da aeronave. As informações sobre estes são detalhadas nas **Aerodrome Obstacle Chart**, Tipos A e B. Estas cartas destinam-se a auxiliar os operadores de aeronaves a realizar os cálculos necessários de *take-off mass*, distância e desempenho, incluindo aqueles que cobrem situações de emergência como a falha do motor durante a decolagem. As cartas de obstáculos do aeródromo mostram as pistas no plano e de perfil, as áreas de trajeto de decolagem e as distâncias disponíveis para a decolagem e paragem de aceleração, levando em consideração os obstáculos (Figura 11). Esses dados são fornecidos para cada pista que possui obstáculos significativos na área de decolagem. As informações topográficas detalhadas fornecidas por algumas cartas de obstáculos de aeródromo incluem cobertura de áreas até 45 km de distância do próprio aeródromo (ICAO, 2012).

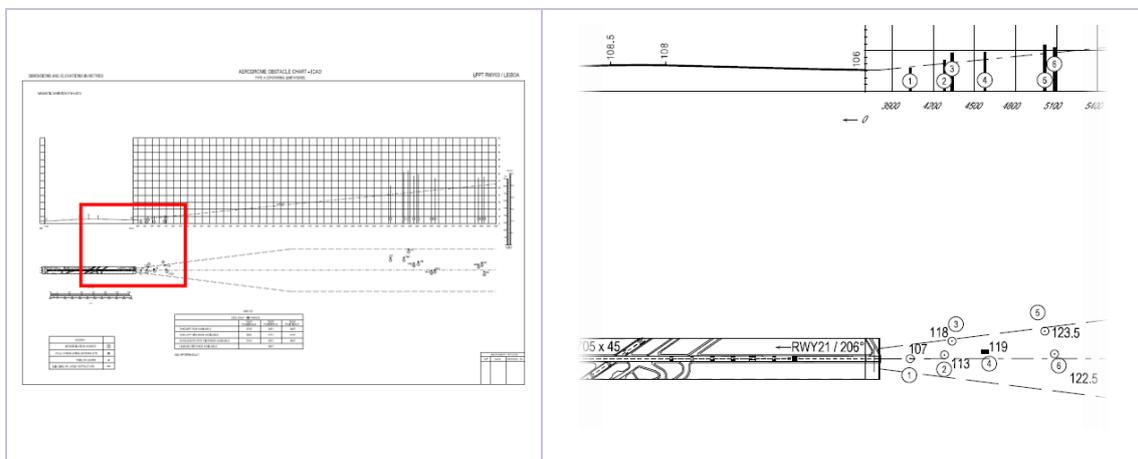


Figura 11 – Aerodrome Obstacle Chart - ICAO

Fonte: NAV Portugal (2018)

Os recentes desenvolvimentos associados às "glass cockpit technologies", a disponibilidade e troca de informações aeronáuticas eletrônicas e o aumento da implementação de sistemas de navegação com altas precisões de posicionamento e fixação contínua de posição, criaram um ambiente bem adaptado ao rápido desenvolvimento de cartas eletrônicas viáveis para exibir no cockpit. Uma representação numa carta aeronáutica eletrônica totalmente desenvolvida tem potencial para funcionalidades que se estendem muito além das cartas em papel e podem oferecer benefícios significativos, como o planeamento contínuo da posição da aeronave e a personalização da exibição da carta dependendo da fase de voo e outras considerações operacionais (ICAO, 2009a). No Capítulo 20 do Anexo 4, a *Electronic Aeronautical Chart Display* fornece requisitos básicos para a padronização dos monitores eletrônicos de cartas aeronáuticas, sem limitar indevidamente o desenvolvimento desta nova tecnologia cartográfica.

Já existem no mercado aplicações certificadas que permitem aos pilotos utilizarem cartas aeronáuticas eletrônicas publicadas na AIP em tempo real, com acesso a informação meteorológica atualizada (*METeorological Aerodrome or Aeronautical Report - METAR*) e seguindo a rota da aeronave sobre esta informação (Figura 12). Este tipo de aplicações só é possível de ser desenvolvido com recurso aos sistemas de informação geográfica, que possuem ferramentas de georreferenciação e permitem executar este procedimento a qualquer tipo de carta aeronáutica ICAO, sendo estas armazenadas num servidor ou no aplicativo do utilizador, podendo estar sincronizado com a AIP eletrónico (eAIP) para efeitos de atualização.

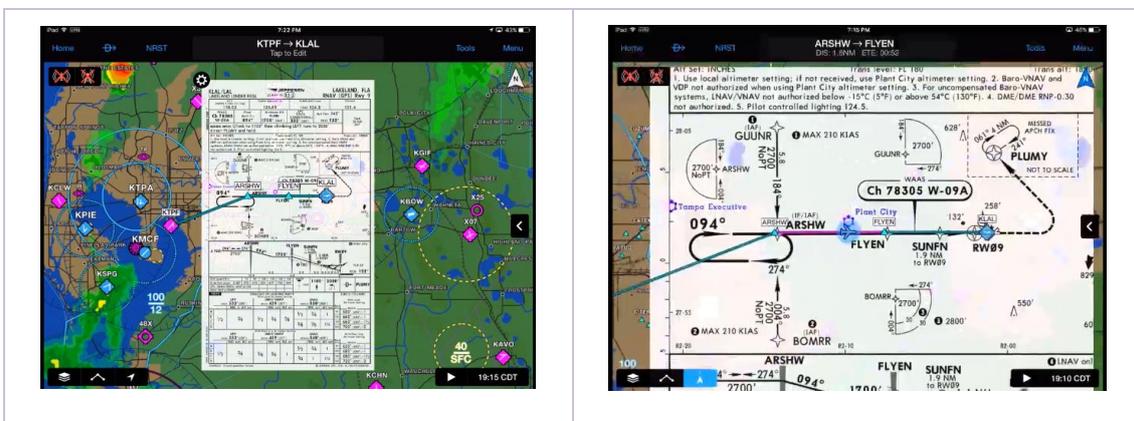


Figura 12 – Cartas aeronáuticas Jeppesen - Garmin Pilot

Fonte: Jeppesen, <http://ww1.jeppesen.com/aviation/microsite/terminal-charts-garmin-pilot/index.jsp>, acessado em 20/03/2018

Para garantir que as cartas aeronáuticas atinjam os requisitos tecnológicos e outros requisitos das atuais operações de aviação as disposições do Anexo 4 evoluíram consideravelmente dos sete tipos de cartas originais da ICAO adotados em 1948. A ICAO está constantemente a monitorizar, aprimorar e a atualizar as especificações da cartografia aeronáutica.

#### I.2.2.1.2 Anexo 15 – Aeronautical Information Services

Um dos papéis menos conhecidos e mais importantes em apoio à aviação civil internacional é preenchido pelos AIS. O objetivo dos AIS é assegurar o fluxo de informações necessárias para a segurança, regularidade e eficiência da navegação aérea internacional.

O Anexo 15 define como é que um AIS deve receber e/ou dar origem, reunir ou construir, editar, formatar, publicar/armazenar e distribuir informações/dados aeronáuticos específicos. O objetivo é satisfazer a necessidade de uniformidade e consistência na provisão de informações/dados aeronáuticos necessários para uso operacional pela aviação civil internacional.

O Conselho da ICAO adotou as normas e práticas recomendadas originais em 1953. O Anexo 15 tem suas origens no artigo 37.º da Convenção de Chicago. Os primeiros requisitos para o Anexo foram desenvolvidos pelo *ICAO Air Navigation Committee*, agora a *Air Navigation Commission (ANC)*, seguindo as recomendações das reuniões regionais de navegação aérea, e foram publicados pela autoridade do Conselho como Procedimentos para NOTAM internacionais em 1947 (ICAO, 2016a).

#### I.2.2.1.3 Anexo 19 – Safety Management (sistemas)

As disposições deste Anexo foram desenvolvidas em resposta às recomendações fornecidas pela Conferência de Diretores Gerais da Aviação Civil sobre uma Estratégia Global de Segurança da Aviação (*Directors General of Civil Aviation Conference – DGCA Montreal*, 20 a 22 de março de 2006) e a Conferência de Segurança de Alto Nível, (*High-level Safety Conference – HLSC*, Montreal, 29 de março a 1 de abril de 2010) sobre a necessidade de um anexo dedicado à gestão de segurança. A ANC, tendo determinado que essas questões eram de alcance e importância suficientes, concordou em

estabelecer o *Safety Management Panel (SMP)* para fornecer recomendações para o desenvolvimento deste Anexo (ICAO, 2013).

As Normas e Práticas Recomendadas (SARP) neste Anexo destinam-se a ajudar os Estados na gestão dos riscos de segurança da aviação. Dada a crescente complexidade do sistema de transporte aéreo global e suas atividades de aviação inter-relacionadas necessárias para garantir a operação segura das aeronaves, este Anexo apoia a evolução contínua de uma estratégia pró-ativa para melhorar o desempenho de segurança. O fundamento desta estratégia de segurança pró-ativa baseia-se na implementação de um *State Safety Programme (SSP)* que aborda sistematicamente riscos de segurança (ICAO, 2013).

#### I.2.2.1.4 ICAO Doc 8126 - Aeronautical Information Services Manual

O objetivo deste manual é explicar as funções básicas de um AIS e descrever a organização básica que requer (ICAO, 2003). Também se pretende que o manual:

- Auxilie os Estados Contratantes na aplicação uniforme das Normas e Práticas Recomendadas (SARP) contidas no Anexo 15;
- Promova a máxima eficiência na organização e operação de um AIS; e
- Auxilie os Estados Contratantes na formação do pessoal do AIS.

#### I.2.2.1.5 ICAO Doc 8697 – Aeronautical Chart Manual

O objetivo deste manual é explicar as obrigações dos Estados no âmbito do fornecimento de cartas aeronáuticas e descrever os métodos para sua produção, distribuição e manutenção (ICAO, 2016b). Também se pretende que o manual:

- Preste assistência a agências governamentais e não governamentais na aplicação uniforme dos SARP constantes do Anexo 4;
- Promova a máxima eficiência na organização e operação de serviços que fornecem cartografia aeronáutica; e
- Auxilie os Estados na formação dos recursos humanos responsáveis pela produção das cartas aeronáuticas.

#### I.2.2.1.6 ICAO Doc 9674 – WGS-84 Manual

O Conselho da ICAO, na décima terceira reunião da sua 126.ª sessão, em 3 de Março de 1989, aprovou a Recomendação 3.2/1 da quarta reunião do Comité Especial sobre os *Future Air Navigation Systems* (FANS/4) sobre a adoção do WGS 84 (*World Geodetic System*) também mencionado como *WGS 1984*, *EPSG17:4326*, como o sistema padrão de referência geodésica para navegação futura em relação à aviação civil internacional.

*“Recommendation. - Adoption of WGS-84*

*That ICAO adopts, as a standard, the geodetic reference system WGS-84 and develops appropriate ICAO material, particularly in respect of Annexes 4 and 15, in order to ensure a rapid and comprehensive implementation of the WGS-84 geodetic reference system”* (ICAO, 2002, p. iii).

O WGS 84 é um sistema de projecção usado em cartografia de origem geocêntrica utilizado pelo GNSS<sup>18</sup> do DoD<sup>19</sup>, e pelo GPS<sup>20</sup>, definido em 1984 e cuja última revisão se deu em 2004. É composto por um sistema de coordenadas para a Terra, uma superfície de referência esferoidal padrão, também denominada como base ou elipsóide de referência, para dados de altitude, e uma superfície gravitacional equipotencial (o geóide) que define o nível médio do mar.

Este *datum* horizontal é utilizado na elaboração de cartografia aeronáutica portuguesa publicada na AIP, pela NAV Portugal e em outras séries deste tipo de cartografia publicadas por outras entidades. Como exemplos temos, a *Aeronautical Chart ICAO 1:500 000*, da NAV Portugal, compilada e editada em 2015 pelo Centro de Informação Geospacial do Exército (Figura 3) e a *Joint Operation Graphic* (Série 1501 AIR) à escala 1:250 000 elaborada pelo ex-Instituto Geográfico do Exército (IGeoE) em 2003. Uma das características que diferencia estas cartas é a projecção cartográfica,

---

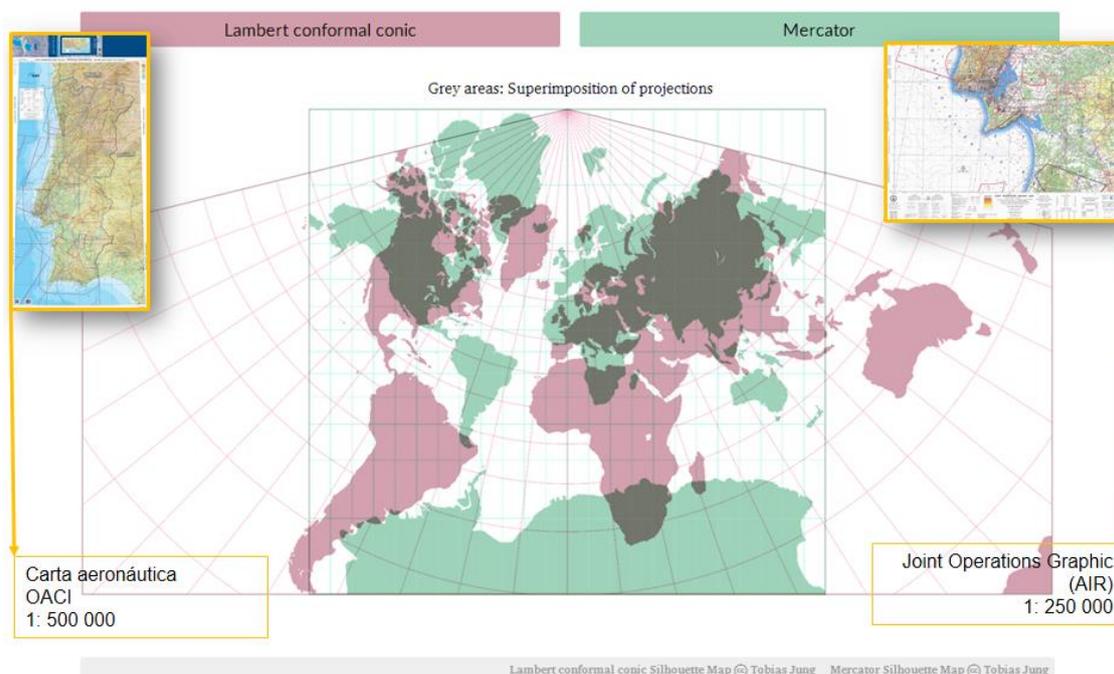
<sup>17</sup> *European Petroleum Survey Group*: a entidade que organizou por códigos numéricos os Sistemas de Referência de Coordenadas (SRC) do mundo.

<sup>18</sup> *Global Navigation Satellite System*.

<sup>19</sup> *U.S. Department of Defense*.

<sup>20</sup> *Global Positioning System*.

mantendo o mesmo *datum* horizontal. A sua utilização depende da escala de representação e do local do globo a representar. Pretende-se através da Figura 13 demonstrar essa diferença relativamente aos dois exemplos mencionados neste ponto, com as projeções de *Lambert Conformal Conic* e *Mercator* respetivamente:



**Figura 13 – Comparação de projeções cartográficas da Carta Aeronáutica OACI 1:500 000 e da Joint Operations Graphic (AIR) 1:250 000**

Os primeiros problemas referentes a dados geodésicos na navegação aérea foram encontrados pela primeira vez na Europa no início da década de 1970 durante o desenvolvimento de sistemas de rastreamento multi-radar para o *Maastricht Upper Airspace Centre* (UAC) da EUROCONTROL, onde os dados da parcela dos radares localizados na Bélgica, Alemanha e Holanda foram processados para formar uma representação de uma faixa composta para controladores de tráfego aéreo. As discrepâncias nas faixas do radar foram encontradas como resultado de coordenadas incompatíveis (ICAO, 2002).

Em meados da década de 1970, durante os testes de “trajectografia” com o sistema francês SAVVAN (*Système Automatique de Vérification en Vol des Aides a la Navigation, i.e. Automatic In-flight Navigation Aids Checking System*), os “saltos” posicionais foram observados ao trocar dados entre os *Distance Measurement*

*Equipment* (DME) localizados em diferentes estados. Mais uma vez, os erros só podem ser atribuídos à incompatibilidade das coordenadas de auxiliares terrestres.

Se um auxiliar de navegação por radar terrestre for coordenado em dois ou mais *data* diferentes de referência geodésica, a determinação da posição horizontal da aeronave terá dois ou mais conjuntos diferentes de valores de latitude e longitude. Em unidades métricas, os locais de aeronave podem mostrar uma discrepância até várias centenas de metros ao serem localizados simultaneamente e rastreados por dois radares, assim, a utilização de diferentes sistemas de referência de coordenadas na aviação tem efeitos negativos e pode comprometer as operações, como demonstra a Figura 14:

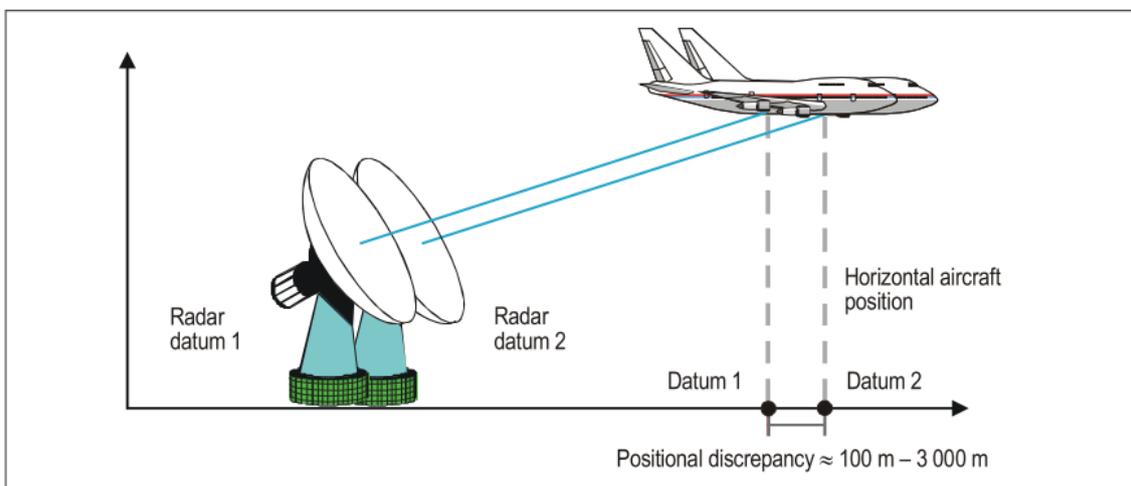


Figura 14 – Problema de Datum em navegação aérea

Fonte: ICAO, 2002

Em síntese, apresenta-se a Tabela 2 com a relação entre os anexos e documentos ICAO mencionados neste ponto I.2.2.1, no âmbito do desenho do sistema integrado de dados geoespaciais aplicado à gestão de informação aeronáutica, proposto nesta tese.

Tabela 2 – Relação entre Anexos e Docs ICAO

	Anexo 4: Aeronautical	Anexo 11: Air Traffic Services	Anexo 14: Aerodromes	Anexo 15: AIS	Doc 8126: AIS Manual	Doc 8400: Procedures for Air	Doc 8697: Aeronautical Chart	Doc 9674: WGS-84 Manual
Anexo 4: Aeronautical Charts					X		X	
Anexo 15: AIS					X			
Doc 8126: AIS Manual	X			X			X	X
Doc 8697: Aeronautical Chart Manual	X			X	X	X		X
Doc 9674: WGS-84 Manual	X	X	X	X				

#### I.2.2.1.7 Aeronautical Information Regulation And Control - AIRAC

A informação aeronáutica está em constante mudança, com a revisão das infraestruturas, procedimentos, rotas e espaço aéreo, alteração das radio ajudas, alteração das cartas aeronáuticas, mudanças nas informações sobre pista e respetivos acessos. É essencial, tanto para a eficiência como para a segurança, que os pilotos, os controladores de tráfego aéreo, os gestores de fluxo de tráfego aéreo, os sistemas de gestão de voo e as próprias cartas aeronáuticas disponham atempadamente da mesma informação, e que esta funcione preferencialmente a partir da mesma base de informações. Isto só pode ser alcançado seguindo o sistema AIRAC. Completamente e em conformidade com a temática desta tese deverão ser considerados os SIG enquanto ferramenta essencial à integração de dados e informação aeronáutica.

O AIRAC corresponde ao Regulamento e Controle de Informações Aeronáuticas e aos passos do Anexo 15 (I.2.2.1.2) e define uma série de datas comuns e um procedimento padrão de publicação de informação aeronáutica associado aos Estados.

Em suma, define que, em todos os casos, as informações fornecidas no sistema AIRAC serão distribuídas pela unidade AIS pelo menos 42 dias antes da data efetiva com o objetivo de atingir os destinatários pelo menos 28 dias antes da data efetiva. Sempre que sejam planeadas grandes mudanças e onde a notificação adicional é desejável e praticável, deve ser utilizada uma data de publicação de pelo menos 56 dias antes da data efetiva (ICAO, 2018b).

### I.3 Enquadramento legal

#### I.3.1 Regulamentação

A regulamentação da indústria aeronáutica é bastante rígida e exigente, nomeadamente no que respeita à interoperabilidade entre os sistemas e a garantia da qualidade dos dados e informação aeronáutica. A Tabela 3 permite enquadrar as normativas da Comissão Europeia no âmbito da proposta apresentada nesta tese, com os regulamentos descritos nos pontos seguintes devendo ser considerados no âmbito da implementação de um sistema integrado de dados geoespaciais aplicados à gestão da informação aeronáutica, dando ênfase à desmaterialização dos procedimentos operacionais, à eliminação do suporte em papel e ao fornecimento progressivo da informação aeronáutica em formato eletrónico.

Tabela 3 – Regras de implementação do SES: Enquadramento normativo no âmbito da proposta SIDG-AIM

Regulamento (CE) 549/2004: Estrutura SES.	Regulamento (CE) 550/2004: Prestação de Serviços de Navegação Aérea no âmbito do SES.	Regulamento (CE) 551/2004: Organização e uso do espaço aéreo no âmbito do SES.	Regulamento (CE) 552/2004: Interoperabilidade da rede europeia de ATM (REGTA).	Regulamento (CE) 1139/2018: Regras comuns no domínio da aviação civil e criação da EASA.
			Regulamento 73/2010: Qualidade dos dados aeronáuticos (ADQ)	
			Regulamento 1029/2014: Requisitos sobre a Qualidade dos Dados Aeronáuticos e Informações Aeronáuticas para o SES.	

### I.3.1.1 Regulamento (CE) N.º 549/2004

O Regulamento (CE) N.º 549/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 10 de março de 2004 que estabelece o quadro para a realização do céu único europeu.

A iniciativa do céu único europeu tem por objetivo reforçar os atuais padrões de segurança e a eficácia global do tráfego aéreo geral na Europa, otimizar a capacidade de resposta às necessidades de todos os utilizadores do espaço aéreo e minimizar os atrasos. Para alcançar este objetivo, o regulamento 549/2004 estabelece o quadro regulamentar harmonizado para a criação do céu único europeu (Comissão Europeia, 2004a).

### I.3.1.2 Regulamento (CE) N.º 552/2004

O Regulamento (CE) N.º 552/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 10 de março de 2004 relativo à interoperabilidade da rede europeia de gestão do tráfego aéreo (REGTA).

Este regulamento diz respeito à interoperabilidade da rede europeia de gestão do tráfego aéreo e tem por objetivo alcançar a interoperabilidade entre os sistemas, os seus componentes e procedimentos associados. Para efeito do disposto neste regulamento, a REGTA é subdividida em oito sistemas, que se apresentam na Tabela 4.

**Tabela 4 – Sistemas da REGTA**

<b>Sistema REGTA n.º</b>	<b>Designação</b>
<b>1</b>	Sistemas e procedimentos para a gestão do espaço aéreo.
<b>2</b>	Sistemas e procedimentos para a gestão do fluxo de tráfego aéreo.
<b>3</b>	Sistemas e procedimentos para os serviços de tráfego aéreo, em especial os sistemas de processamento dos dados de voo (FDPS), sistemas de processamento dos dados de vigilância (SDPS) e sistemas de interface homem- -máquina.
<b>4</b>	Sistemas e procedimentos de comunicação, para comunicações solo-solo, ar-solo e ar-ar.
<b>5</b>	Sistemas e procedimentos de navegação.
<b>6</b>	Sistemas e procedimentos de vigilância.

<b>Sistema REGTA n.º</b>	<b>Designação</b>
<b>7</b>	Sistemas e procedimentos para serviços de informação aeronáutica.
<b>8</b>	Sistemas e procedimentos para utilização de informação meteorológica.

Fonte: Adaptado do Regulamento (CE) N.º 552/2004

O âmbito desta tese permite o desenho concetual de um sistema que integre e partilhe informação e dados aeronáuticos entre vários sistemas mesmo que de forma indireta, sendo o número **7** - “**Sistemas e procedimentos para serviços de informação aeronáutica**” os que identificam como sendo os principais a considerar na proposta do modelo concetual, de acordo com os requisitos estabelecidos neste regulamento, em que a informação aeronáutica deve ser progressivamente fornecida em formato eletrónico com base num conjunto de dados aprovado por comum acordo e normalizado (Comissão Europeia, 2004b).

#### I.3.1.3 Regulamento (UE) N.º 73/2010

O Regulamento (UE) N.º 73/2010 da Comissão de 26 de janeiro de 2010 que estabelece os requisitos aplicáveis à qualidade dos dados aeronáuticos e da informação aeronáutica no Céu Único Europeu.

Tendo em conta os regulamentos mencionados supra, 549/2004 e 552/2004, e considerando ainda que a cadeia de dados aeronáuticos ainda comporta uma quantidade significativa de tarefas executada manualmente e em suporte papel, aumentando a probabilidade de introdução de erros e consequente perda de qualidade dos dados, adotou-se o regulamento 73/2010 estabelece os requisitos de qualidade a satisfazer pelos dados aeronáuticos e pela informação aeronáutica em termos de exatidão, resolução e integridade (Europeia, 2010), denominado *como Aeronautical Data Quality (ADQ)*.

Por forma a se conseguir atingir a qualidade dos dados exigida, é urgente a introdução progressiva dos formatos eletrónicos e o fornecimento e publicação atempada dos dados aeronáuticos e da informação aeronáutica, novos ou alterados, de

acordo com os requisitos aplicáveis às alterações e aos ciclos de atualização definidos pela ICAO e pelos Estados-Membros.

#### I.3.1.4 Regulamento de execução (UE) N.º 1029/2014

O Regulamento de execução (UE) N.º 1029/2014 DA COMISSÃO de 26 de setembro de 2014 que altera o Regulamento (UE) N.º 73/2010 da Comissão, que estabelece os requisitos aplicáveis à qualidade dos dados aeronáuticos e da informação aeronáutica no Céu Único Europeu.

Na sequência da regulamentação publicada no âmbito do AIM, em 2016 a *European Aviation Safety Agency* (EASA) publicou a *Notice of Proposed Amendment* (NPA) 2016-02, com o título “*Technical requirements and operational procedures for aeronautical information services and aeronautical information management*”, em que integra um resumo das principais alterações em relação ao Regulamento ADQ que será desenvolvido na proposta do modelo conceptual do SIDG-AIM.

*“...some changes are proposed compared to what is required under the ADQ Regulation. These are due to several considerations: the different scope between the ADQ Regulation (SES framework) and the one in which this NPA has been developed (EASA framework); the necessity to take into account the changes at ICAO level (upcoming ‘major’ amendment to Annex 15 and PANS- AIM); the Regulation (EU).../... which already covers some elements of the ADQ Regulation; safety considerations; and the necessity to take into account the current implementation challenges faced by the majority of European Member States and organisations affected by the ADQ Regulation”* (EASA, 2017, p. 12,13).

#### **I.4 A emergência da tecnologia aplicada aos Sistemas de Informação Aeronáutica**

Na sequência da Convenção sobre Aviação Civil Internacional em 1944, surgiu o Anexo 15 (ponto I.2.2.1.2), que especifica que cada Estado Contratante deve ser dotado de um Serviço de Informação Aeronáutica. O objetivo deste tipo de serviços é assegurar o fluxo de dados aeronáuticos e informações aeronáuticas necessários para a segurança, regularidade, economia e eficiência do sistema de gestão de tráfego aéreo (ATM), de forma ambientalmente sustentável. O papel e a importância dos dados aeronáuticos e

da informação aeronáutica mudaram significativamente com a implementação da *Area Navigation* (RNAV), *Performance-Based Navigation* (PBN), sistemas de navegação baseados em computador, *Performance-Based Communication* (PBC), *Performance Based Surveillance* (PBS), *Data Link Systems and Satellite Voice Communications* (SATVOICE) (ICAO, 2016a). Com as necessidades identificadas e explanadas neste capítulo, as características dos dados aeronáuticos e da informação aeronáutica devem adaptar-se a um novo paradigma radicado na gestão dos dados e da informação aeronáutica. O modelo a apresentar tem a pretensão de colmatar a existência de dados aeronáuticos e informação aeronáutica corrompidos, erróneos, tardios ou ausentes e que podem potencialmente afetar a segurança da navegação aérea, como é referido no anexo 15 da ICAO (ICAO, 2016a).

Desde o início da aviação civil, a informação geoespacial é de uso comum. A navegação das aeronaves e o controle do tráfego aéreo exigem um amplo conhecimento sobre as realidades geográficas porque têm impacto nos serviços de tráfego aéreo (ATS) nomeadamente na estrutura do espaço aéreo, rotas aéreas e características dos *waypoints*. Além disso, a atividade da aviação civil não se rege pelos limites do Estado e é internacional por sua natureza. (Klinger, 2009)

Atualmente, a informação aeronáutica geoespacial é armazenada, visualizada e publicada separadamente por Estados ou pelas entidades prestadoras de serviços de navegação aérea (ANSP) usando cartas aeronáuticas de diferentes tipos e escalas. Mas verifica-se existir uma proliferação de requisitos operacionais para a qualidade dos dados, para a oportunidade, provisão e troca de informações aeronáuticas digitais por razões de segurança, em conformidade com o regulamento 73/2010 (ponto I.3.1.3). Importa assim dispor de dados aeronáuticos e de informação aeronáutica de qualidade adequada, de modo a garantir a segurança e apoiar novos conceitos de operação no âmbito da rede europeia de gestão do tráfego aéreo (Klinger, 2008).

Em termos de novos paradigmas, importa referir que atualmente o sector aeronáutico no que respeita a AIS está em plena fase de transição para um novo conceito, o *Aeronautical Information Management* (AIM), que deu origem ao tema desta tese, acrescentando também os *Spatial Data Infrastructure* (SDI) como grande referência na indústria da geoinformação. Estes dois tópicos são explorados de forma

intensiva nesta tese, sendo preponderantes no desenho concetual do sistema a propor (Klinger, 2008).

Klinger (2008) defende que no que diz respeito ao AIM, o objetivo principal, é fornecer dados aeronáuticos para os vários utilizadores de uma forma harmonizada e interoperável e, dada a importância da aplicação do conceito SDI associado às ferramentas de análise espacial desenvolvidas através de tecnologias de informação geográfica. A sua aplicabilidade tem enorme potencial na implementação do AIM com benefícios na componente geoespacial da aviação.

Muitas organizações, administrações e empresas investem muito dinheiro no desenvolvimento de uma SDI, mas é um facto conhecido que uma SDI não possui uma vantagem primária, sendo contudo, uma condição prévia essencial para um intercâmbio de dados geoespaciais em desenvolvimento.

Como refere Klinger na sua tese “*Enabling INSPIRE<sup>21</sup> for Aeronautical Information Management*” em 2008, que apesar de ter sido contemplada uma SDI para fins aeronáuticos a nível europeu, as decisões políticas e económicas foram noutra direção, nomeadamente com a implementação do conceito da *European AIS Database (EAD)*, a base de dados de referência única e centralizada de informações aeronáuticas harmonizadas e de qualidade assegurada. Esta BD em breve será substituída pela *European ATM Information Management System (EAIMS)*, que visa estabelecer um serviço centralizado, garantindo o acesso a todos os dados necessários, consolidados, consistentes e operacionalmente validados de forma transparente a partir de um único ponto de acesso, integrando informação de *Airspace Management (ASM)*, *Air Traffic Flow and Capacity Management (ATFCM)* no *Air Traffic Control (ATC)* e nas operações de voo e operações aeroportuárias (EUROCONTROL, 2013a).

No contexto da gestão do tráfego aéreo (ATM), as questões de geoinformação constituem-se com uma novidade não sendo tratadas por especialistas neste âmbito, sendo conduzidas apenas pela indústria da aviação. O foco principal da atenção no ATM reside no controlo de tráfego aéreo, sendo esse o modelo de negócio que capitaliza as

---

<sup>21</sup> *Infrastructure for spatial information in Europe.*

empresas. É um facto que um SDI é um investimento importante e de longo prazo e há a necessidade de demonstrar o benefício para o utilizador. É necessária uma mudança da filosofia subjacente ao ATM, uma consciência que os dados geoespaciais, os métodos relacionados e as infraestruturas são a base comum (Klinger, 2008).

O programa de pesquisa ATM do Céu Único Europeu (SESAR), que será abordado no ponto I.5, sendo o programa europeu de modernização que combina aspetos tecnológicos, económicos e regulatórios, em que se propõe estabelecer um ambiente global e distribuído de gestão de dados aeronáuticos e informações aeronáuticas, bem como os seus fundamentos técnicos. Devido ao facto da maioria dos dados de navegação aérea terem uma dimensão espacial, a implementação de um SDI, colmataria as necessidades em termos da componente geoespacial.

#### *I.4.1 A Geografia do Espaço Aéreo*

*In an ideal world, transportation would come at no effort in terms of cost and time and would have unlimited capacity and spatial reach. Under such circumstances, geography would not matter. Unfortunately, we do not live in an ideal world. In a real world, **geography** can be a significant constraint to transport since it trades space for time and money. (Rodrigue, 2017, Chapter 1)*

O propósito exclusivo do transporte é superar o espaço, que é moldado por uma variedade de restrições humanas e físicas, como distância, tempo, divisões administrativas e topografia, e no caso da aeronáutica temos também as regiões de informação de voo (RIV) (Figura 15) e a classificação do espaço aéreo (Figura 16). Em conjunto, elas conferem uma resistência a qualquer movimento, vulgarmente conhecido como o atrito da distância (ou atrito do espaço). No entanto, essas restrições e a fricção que criam só podem ser parcialmente circunscritas. Estas restrições têm um custo que varia de acordo com fatores como a duração da viagem, infraestruturas e a natureza do que está sendo transportado, sendo estes factos associados à geografia dos transportes.

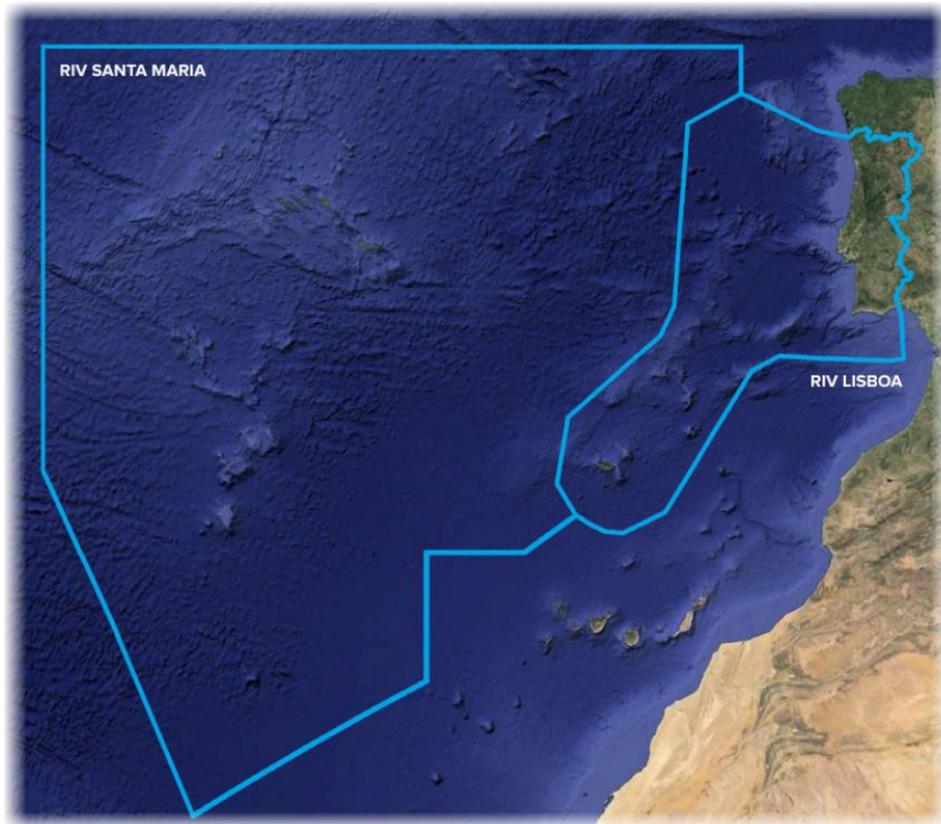


Figura 15 – Espaço Aéreo Português sob responsabilidade de Portugal: Regiões de Informação de Voo

Fonte: NAV Portugal, 2018

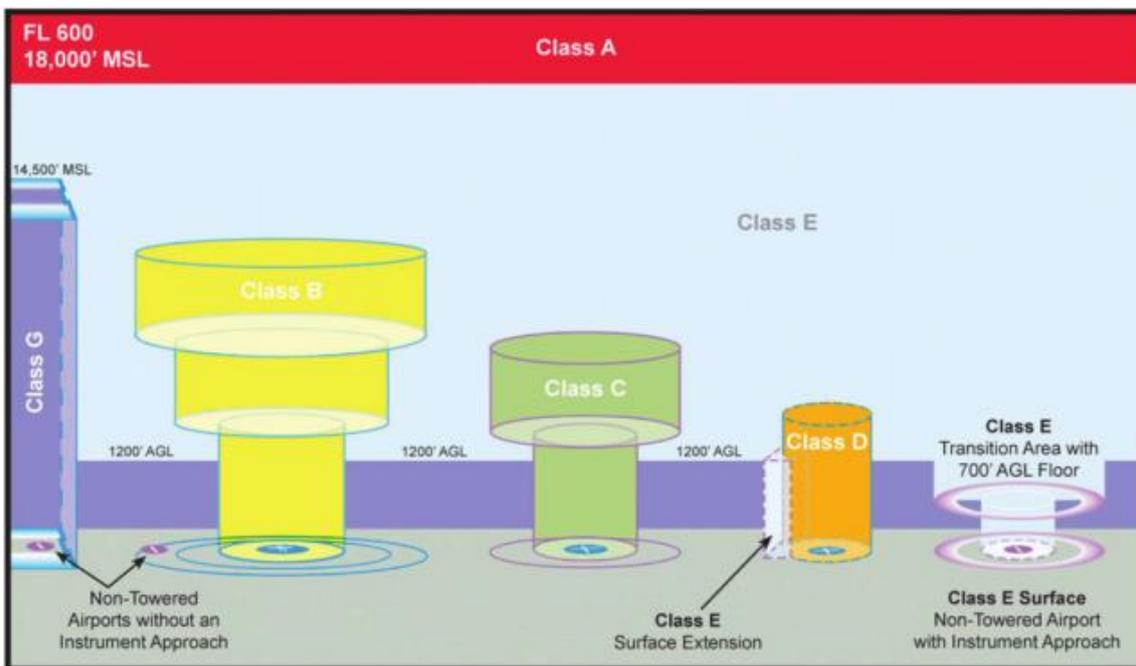


Figura 16 – Classificação do espaço aéreo: descrição do espaço aéreo dos EUA como representado nas cartas aeronáuticas visuais

Fonte: Federal Aviation Administration, 2018

A geografia dos transportes é uma subdisciplina da geografia, preocupada com a mobilidade de pessoas, distribuição e informações. Procura compreender a organização espacial da mobilidade considerando seus atributos e constrangimentos em relação à origem, destino, extensão, natureza e propósito dos movimentos. Como refere *Henrik Hollei*<sup>22</sup> no seu artigo de opinião, “*precisamos de ter uma visão holística do sector de aviação da Europa e tratar todas as partes da sua rede de valores de forma equitativa*”. Há muita interação entre companhias aéreas, aeroportos, prestadores de serviços de navegação aérea, fabricantes de aeronaves, e temos que lidar com eles de tal forma que eles possam beneficiar igualmente da estratégia de aviação da EU (SESAR, 2017b).

#### *1.4.2 A dimensão do espaço aéreo e as consequências económicas e espaciais*

O crescimento do número de aeronaves e serviços comerciais levou ao crescimento de riscos e ocorrências de colisões aéreas. Em resposta, os sistemas nacionais de controlo de tráfego aéreo começaram a ser estabelecidos em meados da década de 1950, o que reduziu substancialmente os riscos de acidentes.

O tráfego de passageiros e de carga cresceu rapidamente e superou o crescimento da economia global mais ampla. Até 2012, cerca de um milhão de pessoas foram transportadas por via aérea em voos programados em algum lugar do mundo em qualquer momento. Isso está relacionado a um tráfego anual de 2,4 bilhões de passageiros que viajaram por mais de 33.000 rotas de voos programadas, sublinhando o crescimento duradouro das viagens aéreas. Esta quantificação representa cerca de 25% da população global. A América do Norte e Europa representaram 44,3% de todos os passageiros-km em 2015, uma parcela que vem diminuindo à luz do crescimento em outras regiões do mundo. A partir de 2015, o mercado doméstico chinês representava 12,7% dos passageiros do mundo. A Figura 17 permite ter a percepção de como o transporte aéreo registou uma alta taxa de crescimento desde a década de 1970, com o transporte de mercadorias aéreo a crescer a uma taxa semelhante à dos passageiros.

---

<sup>22</sup> *Director-General for Mobility and Transport at the European Commission, and Chair of the Administrative Board of the SESAR Joint Undertaking.*

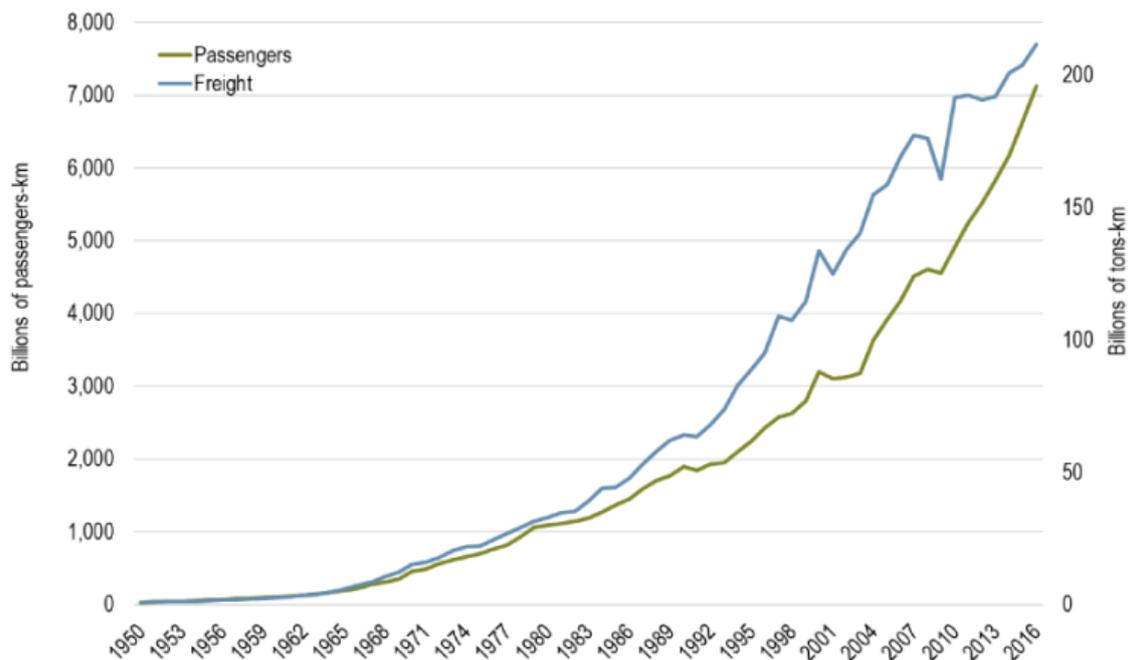


Figura 17 – Viagens aéreas mundiais e o tráfego mundial de mercadorias, 1950-2016

Fonte: The Geography of Transport Systems, 4<sup>th</sup> edition, 2017

Jean-Paul Rodrigue (2017) esclarece a evolução do gráfico da Figura 17, referindo que o crescimento do tráfego aéreo também foi caracterizado por vários contratempos ligados às recessões (1973-1975, 1980-1984, 1990-1991, Crise asiática de 1997, 2008-2009) ou instabilidade geopolítica (Guerra do Golfo de 1991 e o 11 de setembro de 2001). Apesar desses contratempos, o crescimento parece ser exponencial e estabilizar-se-á quando as economias em desenvolvimento, como a China, Índia e Brasil, se tornarem mercados maduros. Quando isso ocorrer a procura global de transporte aéreo provavelmente atingirá o pico como refere o autor.

Os principais fatores por detrás do crescimento do transporte de passageiros e mercadorias, medidos em passageiros-km ou toneladas-km, estão ligados ao maior volume transportado e também à distância média sobre a qual passageiros e mercadorias são transportados. A estrutura de mudança das redes de transporte aéreo também está em jogo, uma vez que o desenvolvimento de *hubs* envolvendo conexões menos diretas nos coloca perante um cenário de distâncias mais longas (Rodrigue, Comtois, & Slack, 2017), tendo conseqüentemente tudo isto um impacto no sector aeronáutico no que respeita ao ATM e uma repercussão direta nos AIS.

Em média, o tráfego aéreo global duplica a cada 15 anos, e espera-se que continue seu crescimento natural atingindo até 4 vezes seu nível atual em 2050 (SESAR,

2017a). O ATM precisará de se adaptar a este aumento do tráfego e ao movimento de milhares de aeronaves convencionais no céu todos os dias e para as potenciais centenas de milhares de veículos ou dispositivos aéreos altamente conectados e automatizados, oferecendo serviços avançados baseados em dados e operando em todos os ambientes.

#### *1.4.3 A Geografia das Redes Aéreas*

Em 2012, existiam cerca de 725 companhias aéreas no mundo oferecendo diferentes tipos de serviços (Rodrigue et al., 2017). Teoricamente, o transporte aéreo goza de maior liberdade de escolha de rota do que a maioria dos outros modos de transporte. No entanto, embora seja verdade que o transporte aéreo é menos restritivo do que o transporte terrestre para direitos de passagem específicos, é, no entanto, muito mais limitado do que o que poderia ser suposto. No início da história da aviação, os obstáculos físicos, como as Montanhas Rochosas e a grande lacuna do Atlântico Norte, limitaram a articulação das redes de transporte aéreo. Mesmo quando estas limitações foram ultrapassadas, a geografia física continuou a afetar a geografia do transporte aéreo interurbano. Eventos meteorológicos como tempestades de neve e trovoadas podem criar temporariamente grandes distúrbios. As aeronaves procuram, por exemplo, explorar (ou evitar) os ventos atmosféricos superiores, em particular a corrente de jato (*jet stream*), para aumentar a velocidade e reduzir o consumo de combustível. As erupções vulcânicas também podem impedir as viagens aéreas, libertando cinzas na atmosfera. No entanto, este tipo de ocorrências são raras e pontuais, com exceção de abril de 2010, quando uma erupção vulcânica na Islândia forçou o encerramento dos aeroportos na maior parte da Europa, bem como várias rotas do Atlântico Norte, representando a maior destruição natural das viagens aéreas na história (Figura 18).

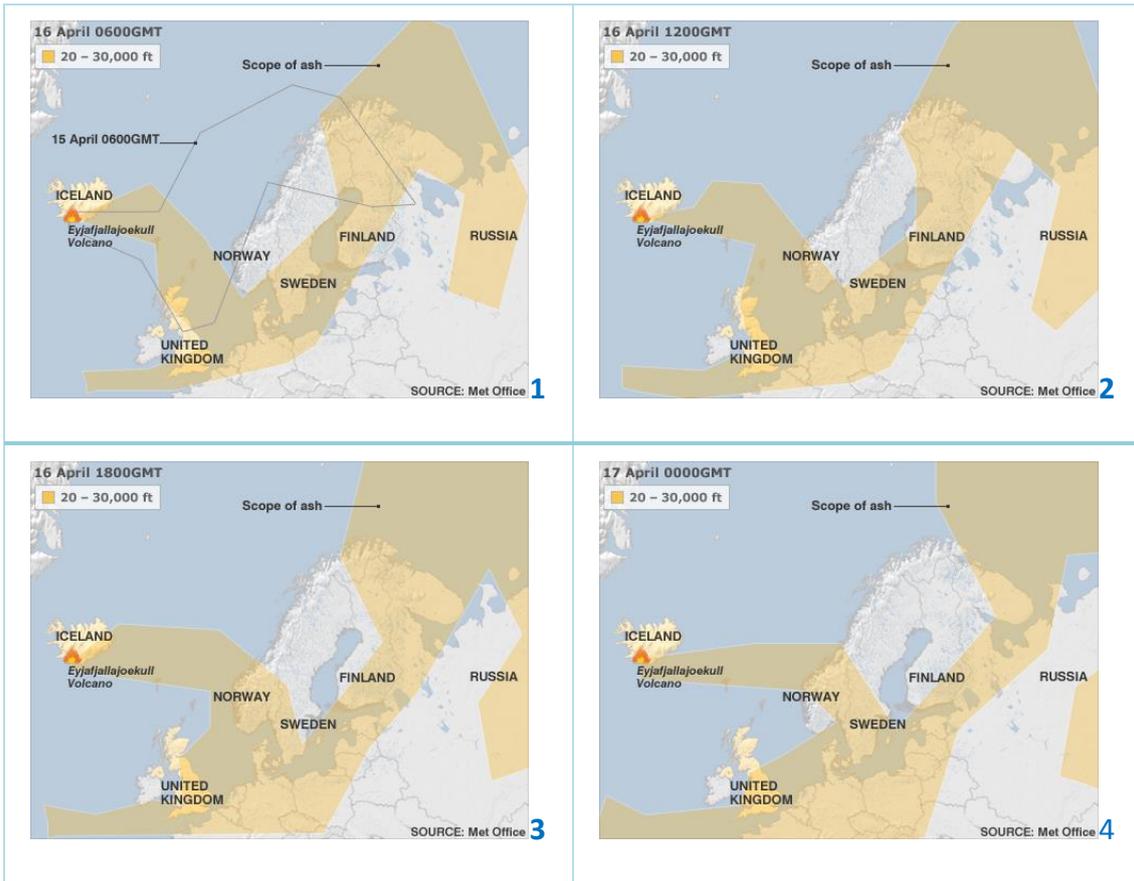


Figura 18 – Alerta de cinzas vulcânicas islandesas para os voos do Reino Unido

Fonte: BBC News, 15/04/2010

Este evento obrigou a uma atualização em tempo real dos condicionamentos do espaço aéreo a nível europeu, obrigando as entidades responsáveis (ANSP) a delimitar temporariamente uma determinada área do espaço aéreo, com as respetivas restrições ao voo, para que os controladores de tráfego aéreo pudessem informar os pilotos e redefinir as rotas. Em termos de informação aeronáutica na sua componente espacial, estas áreas são compostas por pontos coordenados, com referência à altitude crítica (X, Y e Z), e num ambiente SIG rapidamente se projetam estes dados (Figura 19), permitindo a partilha em formato eletrónico em tempo real.

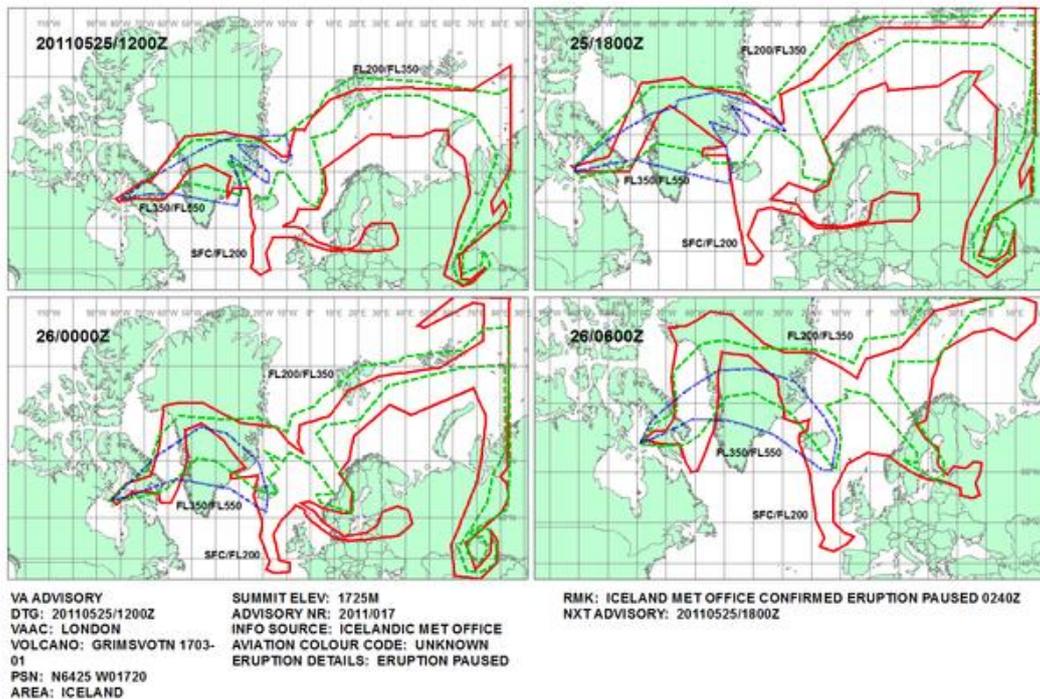


Figura 19 – Evolução da erupção vulcânica na Islândia em 2010: *Previsão do Met Office para distribuição de nuvens de cinzas para quarta e quinta-feira*

Fonte: All geo.org: 25/05/2011 by John A. Stevenson

No entanto, as limitações que estruturam o transporte aéreo são principalmente criações humanas. Primeiro, no interesse da segurança aérea, o tráfego aéreo é canalizado ao longo de corredores específicos para que apenas uma porção relativamente pequena do céu esteja em uso. Por exemplo, a China enfrenta restrições significativas ao nível da capacidade do espaço aéreo, não pelo facto dos aeroportos estarem congestionados, mas principalmente porque um grande segmento de seu espaço aéreo é regulamentado pelos militares e não está disponível para uso comercial (Rodrigue, 2017).

#### I.4.3.1 Espaço aéreo civil e militar

Uma das componentes interessantes na Geografia das redes aéreas, é precisamente a reserva do espaço aéreo. Um dos melhores exemplos atuais é a *Advanced Flexible Use of Airspace* (AFUA) que visa fornecer uma gestão mais flexível das reservas de espaço aéreo em resposta às necessidades de quem utiliza o espaço aéreo civil e militar.

As mudanças do “estado” do espaço aéreo são compartilhadas em tempo real com todos os utilizadores interessados, em particular, o Gestor da Rede, os ANSP e os

operadores das aeronaves. Atualmente, o desenho do espaço aéreo leva os operadores militares a reservar um bloco de espaço inteiro, mesmo que não seja totalmente usado no espaço e no tempo, como se tenta ilustrar na Figura 20.

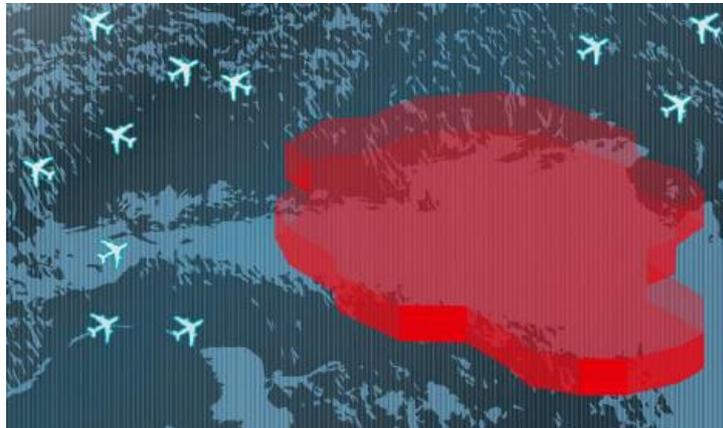


Figura 20 – Ilustração de um espaço aéreo reservado

Fonte: SESAR, 2017

Consequentemente, os operadores civis são obrigados a desviar-se das suas trajetórias preferidas como ilustrado na Figura 21 e não estão conscientes em tempo real da disponibilidade do espaço aéreo (SESAR, Systems, Solutions, & AIRBUS, 2017).

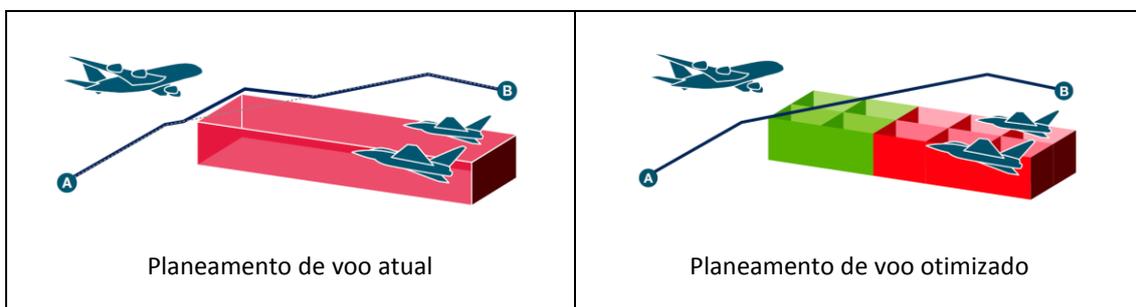


Figura 21 – Ilustração do planeamento de voo atual e otimizado

Fonte: (SESAR et al., 2017)

#### I.4.3.2 Fatores estratégicos, políticos e a Lei da desregulamentação aérea

Os Fatores estratégicos e políticos também influenciam a escolha e o delinear de uma rota. Por exemplo, os voos da *South African Airways* não podiam sobrevoar muitas nações africanas durante o período do *Apartheid*, e a *Cubana Airlines* foi rotineiramente proibida de sobrevoar os EUA. Ainda mais significativa foi a abertura do espaço aéreo siberiano às companhias aéreas ocidentais após a Guerra Fria. A nova liberdade permitiu rotas mais diretas não só entre cidades como Londres e Tóquio, e Nova Iorque e Hong Kong, mas também entre pares de cidades trans-pacíficas como Vancouver-Pequim (Rodrigue et al., 2017). São cada vez menos as grandes áreas de espaço aéreo proibidas

às transportadoras por motivos políticos. No entanto, a intervenção do estado nas redes aéreas continua a ser generalizada. Desde os primórdios, o transporte aéreo foi então visto como um serviço público e como uma indústria que deveria ser regulada e protegida. Em muitas partes do mundo, a intervenção do governo na indústria assumiu a forma de companhias aéreas estatais.

No início da década de 1970, a Air Canada, a Air France, a British Airways, a Japan Airlines, a Qantas e a maioria das outras companhias de bandeira do mundo eram totalmente de propriedade estatal. Nos Estados Unidos, o governo não possuía nenhuma companhia aérea, mas teve uma forte influência no desenvolvimento da indústria através da regulamentação de tarifas, serviço de voo, rotas e fusões (Rodrigue et al., 2017).

A partir da década de 1970, a relação entre a indústria aérea e o Estado mudou, embora o momento da liberalização (um termo que se refere à desregulamentação e à privatização) e a sua extensão variou entre os principais mercados do mundo. Em todo o mundo, dezenas de companhias aéreas foram parcialmente privatizadas, e muitos mercados de companhias aéreas foram desregulados (Rodrigue et al., 2017).

Rodrigue *et al.* (2017) referem que nos Estados Unidos, a Lei de desregulamentação aérea de 1978 abriu a indústria à concorrência e os resultados foram significativos, uma vez que os grandes nomes como *Trans World Airlines - TWA* (1924-2001), *Pan American World Airways - Pan Am* (1924-1991) e *Braniff* (1983-1989) afundaram em falência (embora a *Pan Am* tenha renascido como uma transportadora muito menor ao longo da costa atlântica dos EUA) e surgiram novas companhias. A maioria durou apenas um curto período de tempo, mas alguns tiveram um efeito profundo e duradouro sobre a indústria e o transporte aéreo de forma mais geral.

Na Europa, a desregulamentação surgiu depois de 1997, com a abertura do mercado europeu a todas as operadoras europeias. O mercado chinês também foi sujeito à desregulamentação, de companhias aéreas estatais que atendem mercados regionais predefinidos a reformas que levaram em 2005 à propriedade privada (muitas companhias aéreas permanecem de propriedade de interesses públicos) e uma consolidação de operadoras. A Tabela 5 sintetiza o quadro geral das características dos maiores mercados de transporte aéreo mundial, com Estados Unidos da América,

Europa e Ásia do Pacífico, onde se denota a densidade de tráfego aéreo e congestionamento do espaço aéreo europeu.

**Tabela 5 – Características dos principais mercados de viagens aéreas**

<b>Estados Unidos da América</b>	<b>Europa</b>	<b>Ásia do Pacífico</b>
Desregulamentação teve início em 1978	<b>Desregulamentação teve início em 1997</b>	Mercados regulados com propriedade do governo
Baixa densidade populacional e centros urbanos dispersos	<b>Alta densidade populacional e centros urbanos concentrados</b>	Dispersão de centros urbanos, mas altas concentrações regionais
Espaços aéreos e aeroportos relativamente abertos	<b>Espaços aéreos e aeroportos congestionados</b>	Aeroportos de passagem congestionados e aeroportos regionais subutilizados
Concorrente ferroviário menor; O automóvel compete em distâncias curtas	<b>A Rede de Alta Velocidade é um concorrente direto; O modo ferroviário é um concorrente menor; O carro compete em distâncias curtas</b>	Com exceção do Japão, menos concorrência de outros modos de transporte
Sem lealdade às transportadoras (preços e passageiros frequentes)	<b>Uma lealdade persistente às operadoras</b>	Forte lealdade imposta às operadoras
Transparência nos preços	<b>Os preços vão-se tornando transparentes</b>	Não há transparência nos preços

Fonte: Adaptado de Randy Baseler (2003) "Market Outlook for Air Travel: A Global Perspective", 2nd Annual MIT Airline Industry - Washington DC Conference

A Figura 22 mostra um mapa ilustrado com a representação do fluxo de passageiros, com dados referentes ao ano 2000 da *International Air Transport Association* (IATA), evidenciando os maiores mercados ao nível do transporte aéreo, com a preponderância que o espaço aéreo europeu tem entre a América do Norte e a Ásia do Pacífico.

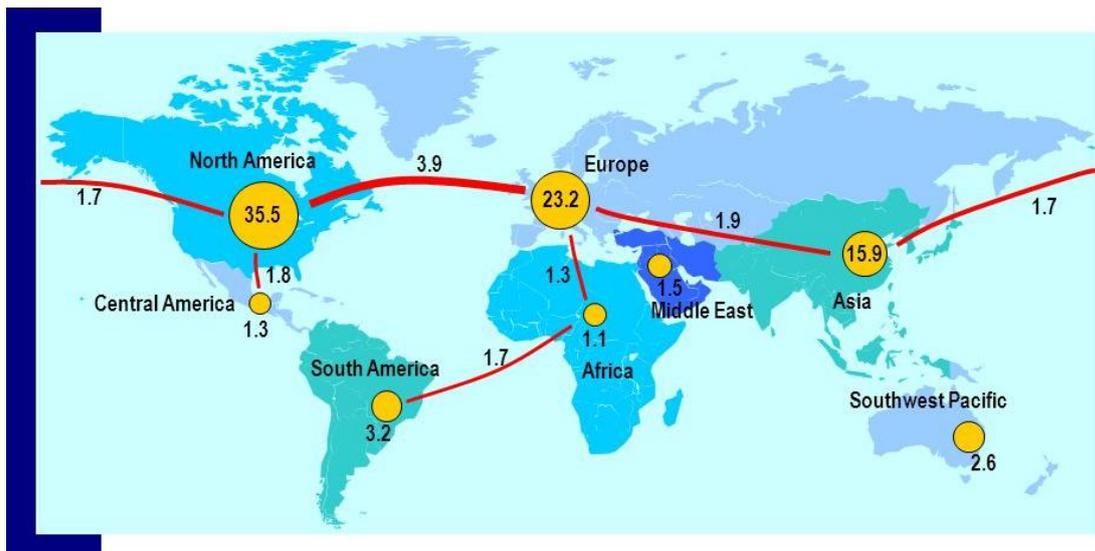


Figura 22 – Principais fluxos de tráfego aéreo entre regiões, 2000 (% dos passageiros programados pela IATA)

Fonte: (Rodrigue et al., 2017)

## I.5 Single European Sky

O espaço aéreo europeu fragmentado, de acordo com a área delegada a cada país, padecia de inúmeras ineficiências que imprimiam custos às companhias aéreas e aos seus clientes, de milhões de euros. A obrigatoriedade de cumprirem com determinadas rotas, refletia-se num aumento da distância dos trajetos, atrasos desnecessários, maior consumo de combustível e maior volume de poluição que, por sua vez, originava um agravamento de taxas.

A reforma do sistema de gestão do tráfego aéreo na Europa tornou-se premente. Foi assim que nasceu a iniciativa europeia de se criar o *Single European Sky* - SES (Céu Único Europeu) com o objetivo de organizar o espaço aéreo europeu de uma forma mais racional, aumentando os níveis de segurança e a rentabilização da área. O SES tem como principais objetivos de desempenho os seguintes fatores: segurança, custo-eficácia, capacidade e proteção do ambiente (Comissão Europeia, 2013a).

Este projeto é desenvolvido pela *SESAR Joint Undertaking* (SJU), empresa criada sob a legislação da União Europeia em 27 de fevereiro de 2007, com a finalidade de assegurar a modernização do sistema europeu de gestão do tráfego aéreo, através da coordenação e concentração de toda a investigação e desenvolvimento relevante dos esforços da União.

Tendo em conta as previsões de um aumento do tráfego aéreo em cerca de 50% nas próximas duas décadas, juntamente com a ineficiência dos sistemas de gestão do tráfego aéreo da Europa, verificar-se-ão graves problemas de congestionamento de tráfego aéreo. Surgiu assim, a necessidade de utilizar as TIG de última geração, de forma a colmatar as necessidades profundas do sector da aeronáutica, ao nível da gestão da informação (Prazeres & Julião, 2015a).

A União Europeia (UE), a partir de 2004, ganhou as competências no âmbito da gestão do tráfego aéreo (*Air Traffic Management - ATM*) e o método de tomada de decisão transitou de uma componente intergovernamental para o âmbito da UE. O principal objetivo da UE é a reforma ATM na Europa, a fim de lidar com operações de tráfego aéreo e de crescimento do tráfego aéreo sustentados em mais segurança, menores custos e ambientalmente mais amigável e eficaz. Este facto implica desfragmentar o espaço aéreo europeu, reduzindo atrasos, elevando os padrões de segurança e eficiência de voo para reduzir o impacto ambiental da aviação e reduzir os custos relacionados com a prestação de serviços.

#### *1.5.1 Single European Sky I, SES II e SES2+*

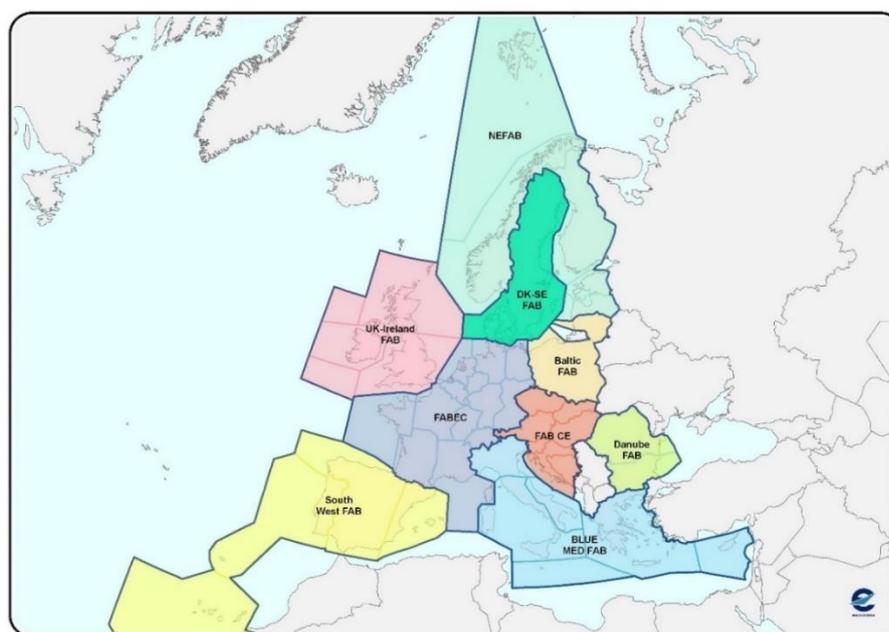
O lançamento do SES envolveu dois pacotes legislativos globais – SES I e SES II – compostos por quatro regulamentos<sup>23</sup>, e mais de duas dezenas de atos de execução e decisões da Comissão (Comissão Europeia, 2013b). O quadro dos quatro regulamentos relativos ao SES está ligado ao desenvolvimento da legislação relativa à segurança da aviação europeia, incluindo esta última um conjunto de tarefas confiadas à EASA e o lançamento de um projeto de modernização global dos equipamentos e sistemas para serviços de navegação aérea no âmbito do título SESAR. A regulamentação em vigor abrange cinco pilares interdependentes, nomeadamente o desempenho, a segurança, a

---

<sup>23</sup> Regulamento (CE) n.º 549/2004, que estabelece o quadro para a criação do céu único europeu (Regulamento-Quadro), Regulamento (CE) n.º 550/2004, relativo à prestação de serviços de navegação aérea no Céu Único Europeu (Regulamento Prestação de Serviços), Regulamento (CE) n.º 551/2004, relativo à organização e utilização do espaço aéreo no Céu Único Europeu (Regulamento Espaço Aéreo) e Regulamento (CE) n.º 552/2004, relativo à interoperabilidade da rede europeia de gestão do tráfego aéreo (Regulamento Interoperabilidade).

tecnologia, o fator humano e os aeroportos. A experiência adquirida com o SES I (desde 2004) e com o SES II (desde 2009) mostrou que os seus princípios e orientação são válidos e justificam a sua continuação.

O segundo pacote legislativo (SES II) abordou a criação de blocos de espaço aéreo em termos de prestação de serviços, para além das questões de organização do espaço aéreo. Entrou em vigor em 2009, e mostrou-se muito promissor, especialmente no que diz respeito à aplicação de um modelo de regulação económica mais orientado para o desempenho. Em termos gerais, os objetivos do SES foram demasiado abrangentes, não sendo possível avançar em todas as frentes de uma só vez. Numa primeira fase, em 2012, foram criados os Blocos funcionais de Espaço Aéreo (*Functional Airspace Block – FAB*) onde as organizações nacionais de controlo do espaço aéreo (*Air Navigation Service Provider – ANSP*) passaram a operar conjuntamente, com a finalidade de reduzir a fragmentação do espaço aéreo, de forma organizada, conforme representa a Figura 23.



**Figura 23 – Functional Airspace Block (FAB)**

Fonte: Comissão Europeia - Nota Informativa, Bruxelas, 11 de junho de 2013

Esta iniciativa provocou algumas sobreposições na legislação, de modo que as mesmas disposições fossem encontradas em várias peças de legislação. Por forma a garantir a execução dessas atualizações, a Comissão Europeia lançou uma atualização provisória das regras do céu único europeu, denominada de *Single European Sky 2+* (SES2+) (European Commission, 2018b).

A atualização prevista no SES2+ conta assim com 7 áreas principais, apresentadas na Tabela 6:

**Tabela 6 – As 7 áreas principais na atualização prevista no SES2+**

<b>Atualização</b>	<b>Descrição</b>
<b>1. Independência e recursos das <i>National Supervisory Authorities (NSAs)</i></b>	O SES2+ procura melhorar e atingir um alto nível de especialização e independência de supervisão sendo fundamental para a gestão segura e eficiente do sistema de Gestão de Tráfego Aéreo.
<b>2. Serviços de suporte</b>	O SES2+ exige a aplicação de regras normais de aquisição/compras públicas para garantir uma seleção transparente do fornecedor, oferecendo a melhor relação custo/benefício.
<b>3. Foco no cliente</b>	Os ANSP existem para dar resposta aos utilizadores do espaço aéreo e precisam de se focar nas necessidades do cliente. O SES2+ permitirá aos grupos de utilizadores do espaço aéreo um papel na decisão de grandes planos de investimento.
<b>4. Esquema de desempenho e <i>Performance Review Body (PRB)</i></b>	O esquema de desempenho precisa de ser fortalecido para evitar a dissolução de objetivos e permitir a adaptação adequada ao nível local. O PRB também terá mais independência.
<b>5. <i>Functional Airspace Blocks (FAB)</i></b>	O SES2+ os tornará os FAB mais flexíveis, comparativamente com o que foi executado até ao momento, liderados pelo sector e mais focados no desempenho. Enquanto as metas de desempenho forem cumpridas, a Comissão não tentará interferir na gestão dos FAB, mas permitirá que a indústria desenvolva as suas próprias soluções.
<b>6. <i>Network Manager (NM)</i></b>	O Gestor de Rede fornece serviços principalmente para outros fornecedores de serviços. No SES2+, o seu papel é clarificado, conduzido pela indústria, e a entrada para novos serviços centralizados.

Atualização	Descrição
<b>7. EASA, EUROCONTROL e o panorama institucional</b>	Nesta fase proceder-se-á à divisão de trabalho entre as organizações de modo a que a EUROCONTROL se concentre nas questões operacionais, nomeadamente da Gestão da Rede, na EASA sobre a elaboração de normas técnicas e nas funções como autoridade de supervisão e na Comissão a regulação económica (desempenho, cobrança, questões institucionais entre outros).

Fonte: Adaptado de (European Commission, 2018b)

Ao longo desta tese serão identificadas algumas organizações internacionais e nacionais com papel preponderante no sector aeronáutico, nomeadamente no âmbito dos AIS. O ponto I.6 descreve essas organizações.

## **I.6 Organizações internacionais**

### *I.6.1 Comissão Europeia*

O papel da Comissão Europeia na indústria aeronáutica é de grande relevância, visto que conduz o processo do projeto SES (I.5) e trabalha em estreita colaboração com a indústria através do órgão consultivo e com organizações de parceiros sociais no *Social Dialogue Committee*. Podem ser adotadas regras mais pormenorizadas, as chamadas *implementing rules*, em conjunto com o *Single Sky Committee*.

Para a preparação das regras, a Comissão confia em diferentes órgãos. A *European Aviation Safety Agency – EASA* (I.6.3), presta assessoria em questões técnicas abrangendo todos os sectores da aviação. A EUROCONTROL (I.6.2) proporciona conhecimentos técnicos adicionais em matéria de gestão do tráfego aéreo tanto à EASA como à Comissão. As organizações que detêm competências de padronização garantem que os padrões técnicos da indústria sejam globalmente interoperáveis. *Para a regulamentação do desempenho, o órgão de análise do desempenho aconselha a Comissão sobre as metas de segurança, capacidade e eficiência de custos para os prestadores de serviços* (Commission et al., 2002).

### *1.6.2 Organização Europeia para a Segurança da Navegação Aérea - EUROCONTROL*

A EUROCONTROL, surge da necessidade em juntar sinergias de forma a obter uma gestão segura e sem fronteiras do espaço aéreo Europeu. Composta por 41 Estados-Membros e 2 *Comprehensive Agreement States*, foi fundada em 1960 e está sediada em Bruxelas, tendo como missão criar o SES, que irá trazer ao ATM a *performance* fundamental à realidade do séc. XXI (EUROCONTROL, 2018d).

A EUROCONTROL auxilia os Estados-Membros a realizar operações de tráfego aéreo seguras, eficientes e respeitadoras do ambiente em toda a região europeia e está ativamente envolvida com os seus parceiros em diversas atividades, como se descrevem:

- O Gestor da Rede alargou o papel da antiga *Central Flow Management Unit* – CFMU e gere de forma proactiva toda a rede de ATM (com quase dez milhões de voos todos os anos), em estreita ligação com os prestadores de serviços de navegação aérea, utilizadores do espaço aéreo, militares e aeroportos;
- O *Maastricht Upper Area Control Centre* fornece um serviço de controlo de tráfego aéreo para a Holanda, Bélgica, Luxemburgo e norte da Alemanha;
- O *Central Route Charges Office* lida com a faturação, recolha e redistribuição das tarifas de aviação;
- Apoia a *Comissão Europeia*, a *EASA* e *National Supervisory Authorities* nas suas atividades de regulamentação;
- Participação ativa em termos de investigação, desenvolvimento e validação e contribuem para a *SESAR Joint Undertaking*, tendo como objetivo fornecer resultados tangíveis que melhorem o desempenho do sistema ATM a médio e longo prazo;
- A EUROCONTROL conta ainda com uma plataforma única para a coordenação da aviação civil-militar na Europa (EUROCONTROL, 2018d).

### *1.6.3 European Aviation Safety Agency - EASA*

A EASA tem como missão, promover as normas comuns de segurança e proteção ambiental na aviação civil e é composta pelos países da UE e da *European Free Trade Association* - EFTA (Islândia, Noruega, Liechtenstein e Suíça).

Com sede em Colónia, na Alemanha, a EASA foi criada pela Comissão Europeia, em 15 de julho de 2002 pelo Regulamento (CE) N.º 1592/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho. Numa fase inicial, este regulamento base estabeleceu os requisitos gerais necessários, a fim de cumprir com os objetivos a que a Agência se propunha. A 26 de novembro de 2014, foi publicado um novo regulamento (CE) N.º 1321/2014 da comissão, onde foram estabelecidos os requisitos técnicos e os procedimentos adequados de forma a assegurar a manutenção da aeronavegabilidade das aeronaves (ATCentro, 2018). Contudo, foi apenas em 2008, quando a EASA assumiu as funções das *Joint Aviation Authorities – JAA* e atingiu a sua total funcionalidade. Contudo, desde a sua criação, as competências da EASA têm-se expandido gradualmente, processo que continua atualmente.

Podem-se enumerar algumas das suas principais funções:

- Elaboração de legislação em matéria de segurança da aviação;
- Prestação de serviços de aconselhamento técnico à Comissão Europeia e aos Estados-Membros da UE;
- Assessoria e elaboração da legislação à UE, relativamente à implementação e monitorização de regras de segurança;
- Certificação de tipos de aeronaves e suas componentes;
- Aprovação de organizações envolvidas na conceção, fabricação e manutenção de aeronaves e de produtos aeronáuticos.

#### 1.6.4 *International Air Transport Association - IATA*

A IATA é uma organização privada que promove a cooperação entre companhias aéreas de todo o mundo, de forma a garantir serviços aéreos seguros, fidedignos e económicos. Fundada em Haia em 1919 teve como denominação inicial, *International Air Traffic Association*. Foi em Havana, no ano de 1945 que passou para a sua denominação atual – *International Air Transport Association*. Conta com a colaboração de 280 companhias aéreas de 130 países, que lidam com mais de 95% do tráfego aéreo mundial e está sediada em Montreal, no Canadá e os escritórios executivos estão em Genebra, na Suíça.

Através da IATA, as companhias aéreas locais combinam as suas redes de reservas com as passagens aéreas (bilhetes de avião) num sistema global que supera as diferenças entre unidades monetárias, costumes, idiomas e leis. A IATA credita as agências de viagens em todo o mundo, à exceção dos EUA, onde a credenciação é fornecida por uma organização local (*Airline Reporting Corporation*).

Juntando sinergias, a IATA trabalha com governos, organizações internacionais como a ICAO e outras autoridades relevantes, com o objetivo de potenciar o desenvolvimento de cadeias de valores globais e de definir o quadro regulamentar adequado para a indústria. O transporte aéreo gera incríveis benefícios sociais e económicos para pessoas de diferentes sectores, governos, economias nacionais, grandes e pequenas empresas e passageiros em lazer ou em negócios.

Sendo a segurança, a grande prioridade da IATA, foi criada a IOSA – *IATA Operational Safety Audit* – que é a entidade que audita a segurança operacional das companhias aéreas. A condição fundamental para a adesão à IATA, é atender ao padrão IOSA. Hoje em dia são mais de 400 companhias aéreas com registo no IOSA, mais do que as não atendem a esses padrões.

#### 1.6.5 *SESAR Joint Undertaking*

O *SESAR Joint Undertaking* (SESAR JU) é um programa de pesquisa de gestão de tráfego aéreo e fornece a tecnologia necessária para o futuro *European Single Sky*. Também visa modernizar a infraestrutura e aumentar a eficiência, otimizando a capacidade e, assim, permitir que o SES se torne uma realidade. O SESAR JU gere os esforços de investigação privados e públicos para desenvolver as tecnologias para o futuro sistema de gestão do tráfego aéreo. O SESAR JU agrupa os esforços, até aqui fragmentados e sobrepostos, para acelerar o ritmo da inovação. A Comissão utilizará os seus poderes regulamentares para sincronizar a implantação, juntamente com um gestor de implantação, que está apenas a ser desenvolvido ao abrigo do Regulamento (CE) N.º 409/2013<sup>24</sup> (Commission et al., 2002).

---

<sup>24</sup> Relativo à definição de projetos comuns, ao estabelecimento de um mecanismo de governação e à identificação de medidas de incentivo para apoiar a execução do Plano Diretor Europeu de Gestão do Tráfego Aéreo.

## **I.7 Organizações nacionais**

### *I.7.1 Autoridade Nacional de Aviação Civil - ANAC*

Em cada um dos Estados-membros da União Europeia existe uma *National Aviation Authority* (NAA), que opera a nível nacional com competências delegadas pela EASA (I.6.3). Entre outras, compete às NAA a emissão de diversas licenças a entidades e profissionais.

Em Portugal, a NAA é a Autoridade Nacional de Aviação Civil (ANAC), sendo a autoridade nacional em matéria de aviação civil, pessoa coletiva de direito público, com a natureza de entidade administrativa independente, dotada de autonomia administrativa, financeira e de gestão, bem como de património próprio.

*“A ANAC exerce funções de regulação, fiscalização e supervisão do sector da aviação civil e rege-se de acordo com o disposto no direito internacional e europeu, na lei-quadro das entidades reguladoras, nos presentes estatutos e na demais legislação sectorial aplicável” (ANAC, 2018).*

### *I.7.2 ANA – Aeroportos de Portugal*

A ANA é a empresa privada<sup>25</sup> responsável pela gestão de 10 aeroportos em Portugal Continental (Lisboa, Porto, Faro e Terminal Civil de Beja), na Região Autónoma dos Açores (Ponta Delgada, Horta, Santa Maria e Flores) e na Região Autónoma da Madeira (Madeira e Porto Santo). Tem por objeto social a exploração, em regime de concessão, do serviço público aeroportuário de apoio à aviação civil em Portugal e tem como missão gerir de forma eficiente as infraestruturas aeroportuárias a seu cargo, ligando Portugal ao mundo, e contribuir para o desenvolvimento económico, social e cultural das regiões em que se insere (ANA, 2018).

### *I.7.3 Força Aérea Portuguesa - FAP*

A Força Aérea Portuguesa (FAP) é parte integrante do sistema de forças militares nacional e tem por missão cooperar, de forma integrada, na defesa militar da República, através da realização de operações aéreas, e na defesa aérea do espaço nacional.

---

<sup>25</sup> Capital social detido a 100% pela VINCI Airports International, SA.

Compete-lhe, ainda, satisfazer missões no âmbito dos compromissos internacionais (FAP, 2018).

No que concerne à Gestão do Tráfego Aéreo na Força Aérea, esta é garantida pelo Centro de Gestão de Tráfego Aéreo (CGTA) que, enquanto autoridade técnica, assegura o desempenho dos Serviços de Tráfego Aéreo (STA), em concordância com as regras internacionais e nacionais definidas, focado na especificidade inerente à operação militar, e ainda em estreita coordenação e colaboração com as entidades civis. A FAP tem também como responsabilidades, a coordenação do espaço aéreo, a elaboração da AIP Militar, ADP<sup>26</sup>, o desenho de procedimentos aeronáuticos para os aeródromos militares, a inspeção dos STA e a investigação de incidentes de tráfego aéreo por delegação da IGFA (Rolo, 2015).

---

<sup>26</sup> *Arrival and Departures Procedures*

## II. Gestão da Informação Aeronáutica

Os recursos e processos na gestão da informação estabelecidos por um AIS devem ser adequados para garantir a recolha, processamento, armazenamento, integração, troca e entrega atempada de dados aeronáuticos e de informação aeronáutica de qualidade dentro do domínio ATM (ICAO, 2016a).

A gestão da informação aeronáutica nesta tese mencionada como AIM, diferencia-se do atual AIS na medida em que se afasta da gestão e disponibilização de produtos obtidos de forma semi-automática e procura através da interoperabilidade digital da informação e dados por forma a abranger todas as fases do voo (Barth *et al*, 2008). A temática da interoperabilidade é desenvolvida no capítulo V desta tese, onde se apresenta a proposta do modelo concetual com referência aos modelos de dados concebidos pelas entidades reguladoras do sector aeronáutico.

Reconhecendo a necessidade de, a partir do ano 2000, fornecer informação aeronáutica completa, de qualidade, atempadamente e de acordo com a Estratégia ATM da EUROCONTROL, a Agência desenvolveu o Conceito AIM no final dos anos 90, em estreita colaboração com todos os grupos de partes interessadas. Este conceito foi desenhado para criar uma comunidade de pessoas, dispositivos, informações e serviços interconectados por uma rede de comunicações para obter o benefício ideal dos recursos e uma melhor sincronização dos eventos e suas consequências (ICAO, 2017).

O objetivo é estabelecer um ambiente no qual todos os atores tenham a mesma consciência situacional, compartilhando uma imagem comum do solo e do espaço aéreo. O AIM, também conhecido como ambiente *net(work)-centred* ou *information-centred*, será a concretização do ATM no SWIM. Iniciativas como o Mandato originado pela Comissão Europeia no ADQ estão totalmente alinhadas com o conceito AIM e, além disso, são importantes para uma implementação bem-sucedida (ICAO, 2017).

O AIM requer fluxos de informação normalizados, que são cada vez mais complexos e compostos de sistemas interconectados, envolvendo vários intervenientes, incluindo fornecedores e utilizadores finais, devendo assegurar:

- A **qualidade da informação aeronáutica** moderna exigida pela navegação aérea e sistemas de *Air Traffic Control* (ATC);

- **A eficiência e a rentabilidade do sistema;**
- **Informação em tempo real.**

Na prossecução destes objetivos, o AIM está vocacionado para a centralização dos dados, num repositório comum, fornecendo informação para todos os produtos. Isto significa que os produtos se tornam mais precisos e consistentes, com as alterações nos dados a efetuarem-se de forma automática, devido à relação estabelecida entre os mesmos. Isto, por sua vez, permite que as operações de AIS se tornem mais eficientes.

Por conseguinte, as fontes de dados AIM assumem enorme importância e necessitam de validação qualitativa contínua. A informação aeronáutica, armazenada nas bases de dados, deve ser modelada de acordo com os requisitos em vigor. Os dados estáticos e temporários (temática desenvolvida no capítulo V) devem ser geridos de forma integrada, devendo ser gerados e configurados de acordo com os modelos de partilha e de integração entre os diferentes sistemas (vide modelação da informação aeronáutica II.2.6). Na sequência da proposta a apresentar nesta tese, estes procedimentos deverão ser assegurados por ferramentas e aplicações de SIG desenvolvidas para os devidos efeitos.

Os fornecedores de AIS na Europa facultam e gerem dados aeronáuticos e informações aeronáuticas numa cadeia de dados muito complexa, na qual a prestação de serviços aeronáuticos ainda se concentra principalmente em práticas de gestão de dados num ambiente híbrido papel/eletrónico. Este tipo de práticas aumentam a probabilidade de ocorrência de erros e inconsistências na informação aeronáutica publicada (EASA, 2017).

Nos últimos anos, o papel e a importância dos dados aeronáuticos e da informação aeronáutica mudaram significativamente com o aparecimento da era da internet, a implementação do *Area Navigation* (RNAV), o *Required Navigation Performance* (RNP), os requisitos de ATM e os *Airborne Computer-based Navigation Systems*, que exigem alguma adaptação da forma como a informação aeronáutica é fornecida hoje. **Espera-se que o fornecimento e a gestão dos dados aeronáuticos e da informação aeronáutica atendam às exigências operacionais, a fim de obter as informações certas, no lugar certo e no momento certo** (EASA, 2017).

Na publicação *Notice of Proposed Amendment 2016-02* a EASA (2017), afirma que a melhor forma de assegurar a consistência dos dados aeronáuticos é a evolução dos sistemas para o conceito de AIM, introduzindo novos métodos de distribuição de informação aeronáutica e produtos digitais em conformidade com a natureza dos dados. O conceito AIM é maioritariamente baseado na gestão de informação aeronáutica digital.

Além disso, embora um dos principais facilitadores do sistema ATM seja a interoperabilidade, é essencial que os dados aeronáuticos e a informação aeronáutica sejam fornecidos num formato que garanta a consistência, autenticidade e cobertura adequada dos dados, e que forneça uma adequada acessibilidade aos dados por todos os utilizadores da rede ATM, tanto no solo como no ar (EASA, 2017).

## **II.1 Benefícios da Gestão de Informação Aeronáutica**

Pufhal (2012) descreve que o objetivo do AIM é oferecer à comunidade ATM, benefícios funcionais e operacionais, permitindo a implementação de uma gestão dinâmica e integrada de serviços de informação aeronáutica de forma segura, económica e de forma eficiente, com o fornecimento e partilha de dados aeronáuticos digitais, de qualidade assegurada em colaboração com todos os intervenientes. A Tabela 7 descreve a relação causal entre 8 características do AIM, no âmbito dos prestadores de serviços, e respetivos benefícios.

No âmbito da elaboração desta tese foi concebido um exercício recorrendo à análise do impacto expectável destas características em termos operacionais, de sistemas e recursos humanos. A classificação teve como base a análise bibliográfica de referência e o conhecimento adquirido dos sistemas atuais da NAV Portugal, nas componentes operacionais, de sistemas e recursos humanos. Os resultados apresentam-se na Tabela 7 infra.

Tabela 7 – Características do conceito AIM, benefícios associados e impacto expectável

Caraterísticas do AIM	Benefícios	Impacto expectável		
		Operacional	Sistemas	Recursos Humanos
<b>1. Dados e informações aeronáuticas disponíveis em formato digital</b>	Os dados e informações aeronáuticas estão disponíveis em formato digital ao longo de toda a cadeia de dados, desde a aquisição de dados até os usuários finais.	●●●	●	●●
	Divulgação mais rápida de dados e informações digitais, agilizando a troca de informações.	●●●	●	●●
	Suporte de dados e informações digitais para manter a integridade da informação em toda a cadeia de dados ( <i>data chain</i> ).	●●	●●●	●
	A informação digital pode ser adaptada às necessidades individuais do operador, aumentando assim o valor operacional.	●●	●	●●●
<b>2. Os dados e informações aeronáuticas estão em conformidade com os padrões internacionais e <i>exchange formats</i>.</b>	A automação possibilita a manipulação da informação digital de forma mais célere e de baixo custo.	●●●	●●	●●
	O valor operacional da informação é exponencialmente aumentado pela integração dos dados com outras fontes e domínios de informação.	●●●	●●	●

Caraterísticas do AIM	Benefícios	Impacto expectável		
		Operacional	Sistemas	Recursos Humanos
<b>3. Apresentação gráfica das informações aeronáuticas.</b>	As relações entre os elementos que constituem a informação e entre as diferentes camadas de informação tornam-se evidentes, aumentando assim o valor operacional alcançando uma maior transparência em questões de qualidade, na componente visual.	●●●	●●	●●
<b>4. Simplificação dos processos de gestão das informações aeronáuticas para se tornarem mais eficientes</b>	Aumenta a qualidade e disponibilidade atempada de informações, e menor custo em termos de gestão da informação, por exemplo, agilizando a troca de informações.	●●●	●●●	●●
<b>5. A informação aeronáutica é agregada e fornecida através de uma fonte autorizada única responsável</b>	Aumentar a confiança na comunidade dos utilizadores da informação.	●	●●	●●●
	Assegura a legitimidade e credibilidade da informação por ser possível o seu rastreio aos originadores de dados.	●	●●	●●●
<b>6. A informação aeronáutica é acessível em todo o sistema e internacionalmente por todas as partes interessadas</b>	O acesso pronto a informações aeronáuticas por todos os utilizadores finais autorizados resulta de uma partilha de conhecimento da situação naquele momento, e em última instância, numa melhor tomada de decisão.	●●●	●●	●●●



## II.2 O que se entende por Informação Aeronáutica

*“Aeronautical Information is all information regarding air traffic. This ranges between everything from aerodrome opening hours and weather reports to information regarding airspace boundaries and information about construction cranes or other objects. It covers all information you may need when either piloting a large business jet or a small private propeller plane” (Isulv & Lage, 2013).*

A informação aeronáutica tem como principal propósito servir de base à navegação aérea ao longo do espaço aéreo que é composto por vários tipos de informação, incluindo áreas perigosas, proibidas, restritas e temporárias, e rotas *Air Traffic Service* (ATS), tendo em conta os procedimentos dos Serviços de ATC, podendo estes referir-se a Serviços de Informação de Voo, de Alerta, de Aviso do Tráfego Aéreo, de Controlo de Tráfego Aéreo em termos de Controlo de Área, Controlo de Aproximação ou Controlo do Aeródromo (Antunes, 2008).

A informação aeronáutica é um componente crítico para a evolução dos sistemas do ATM. O acesso a informações aeronáuticas de alta qualidade e no momento certo são fatores fundamentais para o sucesso destes sistemas (Barth *et al.*, 2008). Este tipo de informação é resultante da aquisição, análise e formatação de dados aeronáuticos que por sua vez, constituem representações geoespaciais de factos, conceitos ou instruções aeronáuticas formais, adequados à comunicação, interpretação e processamento.

Tradicionalmente, todas as informações aeronáuticas, como cartas aeronáuticas, procedimentos de voo, dados de aeroportos, terreno e obstáculos, existem no papel ou em bases de dados obsoletas e de baixo desempenho. Atualizar e partilhar os diferentes tipos de dados que criam essas informações tem sido um processo moroso e economicamente pouco viável, com alto risco de erro (NATS, 2018).

Dados geoespaciais para AIS não podem ser tratados como dados geoespaciais “comuns”. Existem muitos regulamentos internacionais que devem ser mantidos em mente para distribuir os dados correspondentes aos utilizadores de informação aeronáutica (Klinger, 2008).

### II.2.1 Características da Informação Aeronáutica

A informação aeronáutica descreve a realidade da infraestrutura de navegação aérea dentro de seu contexto geoespacial subjacente, e o *status* e condição dessa infraestrutura à medida que ela muda ao longo do tempo. Assim, a informação aeronáutica é caracterizada, principalmente, como:

- Informação **geoespacial**, isto é, expressável nas três dimensões x, y e z;
- Informação que tem **temporalidade**, ou seja, muda ao longo do tempo t.

De acordo com Pufhal (2012) um critério abrangente para a informação aeronáutica é que ela deve ser “adequada ao uso pretendido (operacional)”. Este importante critério afeta todas as características subsequentes da informação, principalmente a qualidade. Apesar do facto de que intuitivamente se entende a noção “*fit for its intended use*”, é difícil definir a declaração em termos de requisitos específicos. Isto implica que a informação aeronáutica pode abranger toda a gama de informações “*nice to know*” para informações “*highly critical*”. Por exemplo, as informações do *localizer* e do *glideslope* de um *Instrument Landing System* (ILS) ao voar com uma aeronave sob *Visual Flight Rules* (VFR) num um dia perfeitamente bonito podem ser consideradas informações “*nice to know*”. No entanto, essa mesma informação é “*highly critical*” quando um avião comercial está voando numa abordagem de ILS Categoria III totalmente automatizada, também conhecida como “*autoland*”, em condições de visibilidade zero sob *Instrument Flight Rules* (IFR). Em ambos os casos, a informação aeronáutica deve ser “*fit for its intended use*” (Pufahl, 2012).

Pufhal (2012) refere que além do uso pretendido da informação, também a forma como se dissemina informação aeronáutica afeta as suas características genéricas, e estas podem ser classificados como:

- **Digital**: as informações são fornecidas num formato digital adequado, facilitando a manipulação, gestão, disseminação e representação gráfica das informações;
- **Integratable**: as informações são baseadas em padrões abertos que fornecem definições globais para domínios de informação, modelos de informação, esquemas de partilha de informação, léxico de informação, etc. A pronta

integração de informação facilita a descoberta de relacionamentos entre elementos de informação, por exemplo, em contexto de espaço ou tempo;

- **Graphical:** as informações são prontas e exibidas graficamente, o que ajuda a aumentar a capacidade de uso operacional e, potencialmente, a capacidade de identificar problemas de qualidade mais rapidamente;
- **Seamless:** as barreiras entre diferentes sistemas são removidas através de interfaces comuns. Desse modo, a função de gestão de informação do sistema torna-se totalmente transparente para os utilizadores finais;
- **Discoverable:** as informações podem ser pesquisadas e filtradas usando informação geográfica para filtragem baseada em localização, informação temporal para filtragem baseada em tempo, e filtro semântico para filtragem baseada em palavras-chave e, assim, ajudar a identificar a sua relevância para uma situação operacional atual ou projetada;
- **Accessible:** as informações são disponibilizadas para todos os utilizadores finais autenticados por meio de diferentes mecanismos de mensagens e distribuídas por meio de uma variedade de produtos e serviços de informações para atender às necessidades de cada utilizador final;
- **Traceable:** a origem de cada informação pode ser determinada, permitindo assim uma avaliação, por exemplo, da qualidade e confiabilidade da informação e se ela é de uma fonte de dados credenciada;
- **Addressable:** toda a informação, por razões de segurança ou outras, pode ser direcionada a um utilizador final específico.

Além do que fundamentalmente são características mais técnicas, a informação também deve atender a certos requisitos legais e económicos importantes. Estes incluem questões de direitos de autor, responsabilidade, bem como o custo da informação e sua sobrecarga administrativa associada (Pufahl, 2012).

#### *II.2.1.1 Os Sistemas de Referência da ICAO para a navegação aérea*

Os sistemas horizontais, verticais e temporais utilizados para a navegação aérea não são descritos apenas nos anexos 4 da ICAO (Cartas Aeronáuticas) e 15 (AIS), mas também nos anexos 11 (ATS) e 14 (Aeródromos) da ICAO. Trata-se de uma disposição transversal da ICAO e, portanto, não se destina a ser aplicada apenas por fornecedores

de AIS, mas também a qualquer outro fornecedor de serviços que necessite de usar este Sistema de Referência comum para o desempenho de suas funções (EASA, 2017).

De acordo com Klinger (2008) a ICAO fornece Sistemas de Referência comuns, unidades de medida e requisitos de temporalidade e qualidade de dados que um ANSP deve cumprir para estar em conformidade com os regulamentos. Esta conformidade é a pré-condição para ser permitido fornecer AIS. Os Sistemas de Referência podem ser de 3 tipos, Horizontal (x, y), Vertical (z) e Temporal (t).

#### II.2.1.1.1 Sistema de Referência Horizontal

O *World Geodetic System - 1984 (WGS-84)* é utilizado como o sistema de referência geodésico para a navegação aérea internacional. A este respeito, a ICAO publicou material orientador abrangente para fornecer uma base comum para todos os Estados Membros (ICAO, 2002), como o *WGS84 Manual* descrito no ponto I.2.2.1.6.

#### II.2.1.1.2 Sistema de Referência Vertical

De acordo com Klinger (2008), em geral, o nível médio do nível do mar, tecnicamente conhecido como *Mean Sea Level (MSL)* é usado como o sistema de referência vertical para a aviação civil internacional. O datum MSL dá a relação da altura relacionada com a gravidade (elevação) a uma superfície conhecida como geóide<sup>27</sup>, que globalmente se aproxima mais do MSL. O Modelo Gravitacional da Terra, denominado como *Earth Gravitational Model - 1996 (EGM-96)*, como ilustra a Figura 24 é usado pela navegação aérea internacional como modelo global de gravidade (ICAO, 2002).

---

<sup>27</sup> É uma superfície equipotencial do campo gravítico terrestre e coincide aproximadamente com a superfície do nível médio das águas do mar; É determinado por observações astronómicas, medições gravimétricas ou pelo estudo das perturbações orbitais de satélites artificiais da Terra (Prazeres, 2017, p. 7).

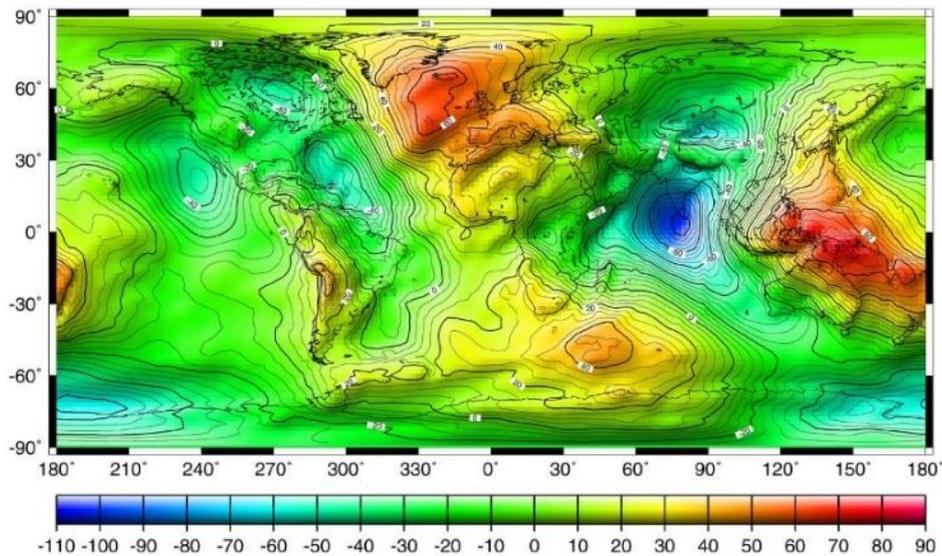


Figura 24 – EGM-96 Geoid

Fonte: (Geocities, 2018)

### II.2.1.1.3 Sistema de Referência Temporal

O calendário Gregoriano e o *Coordinated Universal Time* (UTC) são utilizados como Sistema de Referência temporal para a navegação aérea internacional. Este acordo é essencial para o conceito de temporalidade na navegação aérea (Klinger, 2008).

O Tempo Universal ou UTC, antigamente chamado *Greenwich Mean Time* (GMT), é definido como o *Local Mean Time* (LMT) do meridiano de Greenwich e é o tempo utilizado na aviação, para ter uma indicação inequívoca do tempo. Frequentemente é utilizada a sigla Z para identificar tempos UTC, por exemplo 1235Z para significar 12h35 UTC (Blin, 2010).

### II.2.2 Utilizadores de Informação Aeronáutica

Como foi referido na introdução da tese, quanto aos utilizadores de informação aeronáutica, podemos diferenciá-los em 2 grandes grupos, os que estão diretamente envolvidos no ATM, os **ATM Actors** e os **membros da comunidade ATM**. Dentro da comunidade ATM, existem produtores e consumidores de dados e informações aeronáuticas, enquanto no que diz respeito aos *ATM actors* (operações), há um grupo de utilizadores específicos que estão envolvidos direta e ativamente em todas as tarefas

das operações de voo, que são os controladores de tráfego aéreo, os pilotos e os fornecedores de serviços ATM, conforme Pufhal (2012) representa na Figura 25.

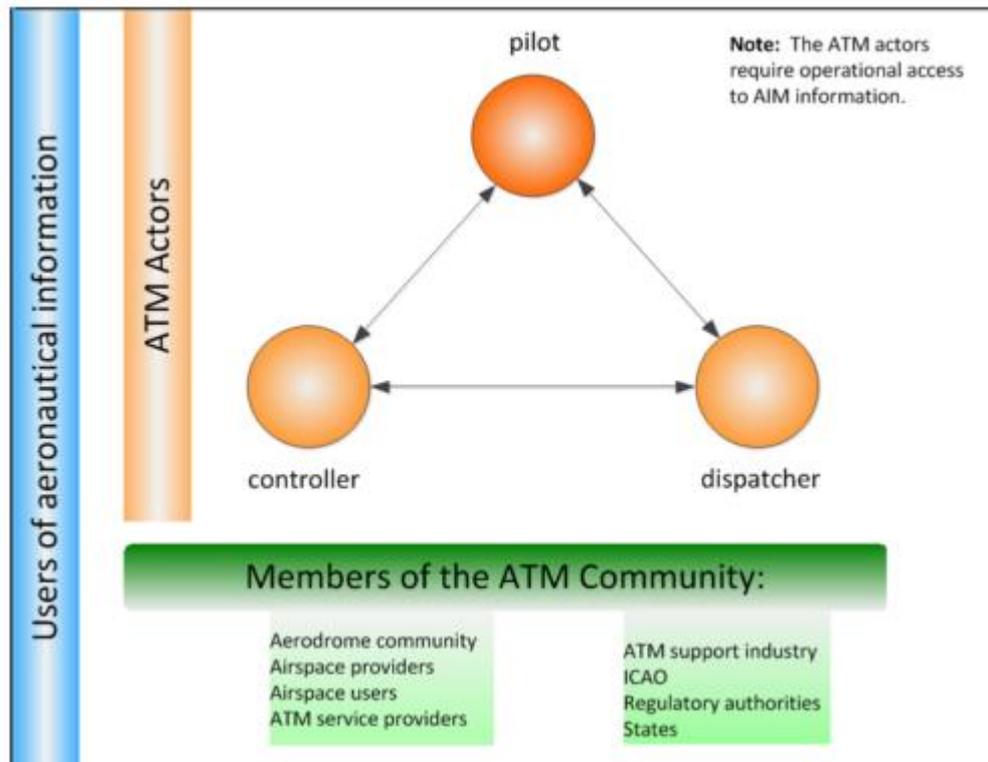


Figura 25 – Utilizadores de Informação Aeronáutica

Fonte: (Pufahl, 2012)

Os utilizadores de informação aeronáutica, nomeadamente os *ATM Actors* estão cada vez mais interconectados, seja por conexão via *Internet Protocol (IP)* de banda larga ou *data link* (Pufahl, 2012). Em particular, ao ter acesso contínuo a uma infinidade de informações aeronáuticas, os *ATM Actors* compartilham um conhecimento da situação atual dentro de um ambiente global centrado na rede. Assim, estes utilizadores podem tomar melhores decisões operacionais de uma forma mais rápida e colaborativa.

Alguns membros da comunidade ATM são simultaneamente, produtores e consumidores de dados e informações aeronáuticas, como os técnicos que asseguram o desenho do espaço e de procedimentos aéreos, bem como outros ainda que ajudam a moldar o sistema de transporte aéreo numa perspetiva mais estratégica, sendo estes, por exemplo, os recursos alocados ao planeamento de aeroportos, planeamento do espaço aéreo, e elementos dedicados à investigação ATM (Pufahl, 2012).

Outra forma de ver quem na comunidade ATM é um utilizador final de informação aeronáutica, é através da análise efetuada por Pufhal (2012), mostrada na Tabela 9. Aqui, os membros da comunidade ATM são identificados de acordo com as diferentes fases da operação, nomeadamente Planeamento e Referência, Pré-voo (*pre-flight*), em voo (*In-flight*), reversão (*Turn-around*) e pós-voo (*Post-flight*). A fase de *Turn-around* é mencionada aqui para ajudar a identificar as informações dos utilizadores finais durante esta fase operacional crítica entre os voos subsequentes. Assim, podemos afirmar que todos os membros da comunidade ATM são utilizadores de informação aeronáutica durante o planeamento e referência, bem como durante a fase pós-voo. É durante a fase crítica em voo, assim como a fase de *Turn-around*, que apenas os *ATM actors* acima mencionados são utilizadores da informação (Pufahl, 2012).

**Tabela 9 – Análise dos utilizadores de informação aeronáutica durante as várias fases da operação na comunidade ATM**

	Planning & Reference	Pre-flight	In-flight	Turn-around	Post-flight
Aerodrome community	x	x		x	x
Airspace providers	x	x	x		x
Airspace users	x	x	x	x	x
ATM service providers	x	x	x	x	x
ATM support industry	x	x			x
ICAO	x				x
Regulatory authorities	x				x
States	x				x

Fonte: (Pufahl, 2012)

Em geral, existe uma cadeia de dados (*data chain*) aeronáutica unidimensional bem estabelecida, como se refere no ponto II.4, desde a aquisição dos dados de origem até ao utilizador final, com exceção dos desenhadores do espaço aéreo e dos desenhadores de procedimentos que assumem um duplo papel como produtores e consumidores de dados e informações aeronáuticas, como mencionado anteriormente (Pufahl, 2012).

### II.2.3 Temporalidade da Informação

De acordo com Pufhal (2012) Temporalidade significa “dependente do tempo” e toda a informação aeronáutica muda ao longo do tempo, mas em graus variados em termos de frequência ou magnitude.

O Anexo 15 da ICAO (2016, p.4-1) refere que a “*AIP constitute the basic information source for permanent information and long duration temporary changes*”. E acrescenta que “*Temporary changes of long duration (three months or longer) and information of short duration which contains extensive text and/or graphics shall be published as AIP Supplements*” (ICAO, 2016a, pp. 4–3).

Além disso, “*A NOTAM shall be originated and issued promptly whenever the information to be distributed is of a temporary nature and of short duration or when operationally significant permanent changes, or temporary changes of long duration are made at short notice, except for extensive text and/or graphics*” (ICAO, 2016a, pp. 5–1). Assim, a AIP, os Suplementos AIP e os NOTAM são diferentes (papel) o que significa distribuir informação aeronáutica com diferentes temporalidades (Pufahl, 2012).

O Manual de AIS da ICAO (2003), (ponto I.2.2.1.4), introduz a noção de **informação estática, básica e dinâmica**, que pode ser disponibilizada numa base de dados central de sistema AIS automatizado, no sentido de que informações **estáticas** ou permanentes vão sendo publicadas sob o ciclo de 28 dias AIRAC na forma da AIP, e a informação **dinâmica** é distribuída em “tempo real” como NOTAM. Um produto criticamente importante baseado nos dados contidos na AIP é a montagem de BD de navegação certificadas para *Flight Management Systems (FMS)* (Pufahl, 2012).

Sob o conceito de AIM, a noção de temporalidade também deve respeitar o critério “adequado ao seu uso pretendido”, no sentido de que a informação deve estar disponível aos utilizadores finais quando necessário. Este requisito afeta diretamente os meios de disseminação de informação, e também depende da criticidade da informação. No entanto, determinar todos os aspetos da temporalidade para a informação aeronáutica exigiria uma decomposição funcional completa de cada informação, do ponto de vista de cada parte interessada, tendo em conta as tecnologias disponíveis, o mecanismo de distribuição e o uso pretendido dessa informação específica. Com base nessa análise, a criticidade associada e o requisito temporal seriam derivados. Escusado será dizer que isso seria um esforço enorme (se não impossível) como refere Pufahl (2012).

Em última análise, o objetivo da informação é reduzir a incerteza e aumentar a previsibilidade do sistema de gestão do tráfego aéreo. Um meio de conseguir isso é

através da **disponibilidade atempada de informação**. Certas mudanças de grande escala e grande impacto no sistema de navegação aérea, por exemplo, beneficiam-se de serem anunciadas 56 dias (ou mesmo mais) antes da data efetiva. Isso muitas vezes envolve mais partes estratégicas interessadas, como os técnicos responsáveis pelo planeamento nos aeroportos, pelo desenho do espaço aéreo, planeamento de rotas nas companhias aéreas e, possivelmente, fornecedores de dados comerciais. O propósito operacional de notificação prévia incluindo dados permanentes, denomina-se de Planeamento e Referência, enquanto o propósito operacional durante o Pré-voe envolve uma combinação de informações permanentes e alterações temporárias, incluindo NOTAM. Durante a fase de voo, a temporalidade da informação necessária cai no domínio das informações operacionais diretamente aplicáveis e estas mudanças temporárias mais próximas do tempo quase real envolvendo pilotos e controladores de tráfego aéreo (Pufahl, 2012). A Figura 26 ajuda a perceber o tempo contínuo de informação entre as várias fases operacionais, incluindo Planeamento e Referência, Pré-voe, Em Voo e Pós-voe, age como um controle deslizante que vai da notificação antecipada via mudanças permanentes para mudanças temporárias. As informações arquivadas são usadas principalmente para análise pós-voe.

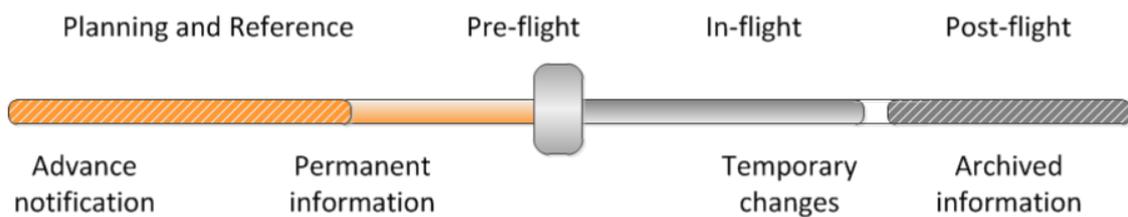


Figura 26 – O tempo contínuo de informação entre as várias fases operacionais

Fonte: adaptado de (Pufahl, 2012)

Finalmente, a fase pós-voe fornece um importante mecanismo de *feedback* de volta ao sistema. Por isso, serve como um mecanismo totalmente integrado da rede SWIM para regularizar o que se pode transformar num sistema adaptativo autorregulável. O pós-voe também oferece uma oportunidade para análise de trajetórias simples ou agregadas usando informações arquivadas (Pufahl, 2012).

Um aspeto desafiador da temporalidade é saber quem está a ter acesso a determinadas informações para fins de tomadas de decisão. As temporalidades

precisam de ser transparentes, isto é, conhecidas pelo sistema ou, de alguma forma, sincronizadas. O que não deve acontecer é que a informação crítica não seja transmitida com base no pressuposto "*They already know that*". Por exemplo, o ATC está a assegurar condições de aterragem, com base na suposição errada de que o piloto já está ciente do estado da pista. Em ambos os casos, regulamentos, sistemas e processos apropriados precisam de estar implementados para garantir a entrega das informações a todos os seus utilizadores, e para o sistema "saber" quem está a usar determinada informação (Pufahl, 2012).

Além disso, há uma expectativa de que mais informações em tempo real sejam fornecidas aos utilizadores finais sob o conceito de AIM. No entanto, a informação em tempo real não é uma panaceia para resolver o problema da imprevisibilidade inerente a um sistema complexo como o ATM. Na verdade, mais informações em tempo real podem-se transformar num problema enquanto são aplicadas como a solução (Pufahl, 2012).

#### *II.2.4 Qualidade da Informação*

De acordo com o Anexo 15 da ICAO (2016), a qualidade dos dados é definida como um grau ou nível de confiança de que os dados fornecidos atendem aos requisitos dos utilizadores finais em termos de **precisão, resolução e integridade**. Em última análise, a qualidade da informação aeronáutica depende do seu uso pretendido e necessita de ser determinada a partir dessa perspetiva. No entanto, é difícil determinar o "uso pretendido" da informação, ou evitar o uso indevido (Pufahl, 2012).

Pufahl (2012) refere que em ambos os casos, a qualidade acompanha sempre o **custo**, e quanto maior a qualidade dos dados de origem, maior o custo envolvido na obtenção. No entanto, se um conjunto de informações for obtido num nível de qualidade para o grupo de utilizadores "A" e num nível mais alto de qualidade para o grupo de utilizadores "B", como é prática comum atualmente, o grupo de utilizadores "A" pode ter o benefício de acesso mais barato à informação e o grupo de utilizadores "B" o benefício de informação de maior precisão, **mas coletivamente pagam o alto preço de duplicar informação**. Além disso, correm o risco de criar fontes diferentes de dados aeronáuticos que não se integram, sendo um problema típico em projeto

desenvolvidos em ambiente SIG, quando não há planeamento. Por uma questão de consideração prática, pode-se comparar o custo de obtenção de todos os dados com o nível de qualidade mais alto exigido em comparação com o custo de criação de fontes diferentes. No final, pode-se considerar que o equilíbrio entre essas duas abordagens funciona melhor (Pufahl, 2012).

De acordo com Pufhal (2012) **a oportunidade de integrar e exibir graficamente as informações em todos os processos de gestão de informação e a transparência que daí advém, ajudará a reduzir as discrepâncias e, conseqüentemente, a melhorar a qualidade geral da informação aeronáutica.** Isso, juntamente com o mecanismo de feedback integrado da rede SWIM, é um aspeto importante dos sistemas adaptativos autorreguláveis.

#### II.2.4.1 A Qualidade e a Informação Geográfica (IG)

A NPA da EASA publicada em 2017, propõe que as empresas do sector da aviação não cumpram os requisitos relativos às ferramentas e ao *software*, contrariamente ao disposto no Regulamento ADQ (I.3.1.3). Essa abordagem flexível reflete a necessidade de se concentrar no objetivo e não na maneira como cada fornecedor de serviços se organiza para atingir esse objetivo. Para os fornecedores de serviços, exige apenas, de uma maneira muito geral, que devem garantir que as ferramentas e o *software* que eles usam não afetem negativamente a qualidade de tais dados. O requisito é aplicável aos fornecedores de serviços e não apenas aos fornecedores de AIS (EASA, 2017).

#### II.2.5 Domínio da Informação Aeronáutica

A informação aeronáutica é um dos vários domínios de informação que serão geridos e divulgados através da rede SWIM. A informação aeronáutica descreve a infraestrutura de navegação aérea física (visível) e virtual (não visível) num contexto geoespacial e temporal, e o estado e condição dessa infraestrutura, como por exemplo, estado de pista “*open*” ou “*closed*”, condição de aeroporto “VFR” ou “IFR” (Pufahl, 2012).

Conforme indicado no Roteiro para a Transição do AIS para o AIM, “*The expectations are that the transition to AIM will not require many changes in terms of the scope of aeronautical information to be distributed*” (ICAO, 2009b, p. v) e como Pufhal

(2012) supõe que esta seja uma afirmação verdadeira, a informação aeronáutica continuará, portanto, a abranger todos os elementos de dados atualmente contidos na AIP e os seus dados sobre suplementos (SUP), terreno e obstáculos, dados de aeroportos, dados culturais e todos os elementos de dados atualmente transmitidos via NOTAM, bem como os seus metadados relacionados, definidos pela ICAO como “*a structured description of the content, quality, condition or other characteristics of data*” (ICAO, 2009b, p. ix).

É importante ressaltar a singularidade da informação aeronáutica quando comparada a outros domínios de informação, na medida em que descreve não apenas **recursos físicos** de navegação aérea, como aeroportos, pistas e radiotransmissores de navegação, mas também **recursos virtuais**, como espaço aéreo, vias aéreas e procedimentos instrumentais. Os recursos virtuais existem apenas como dados e precisam ser representados graficamente para se tornarem visíveis, como numa carta de aproximação por instrumentos. Ao contrário dos recursos físicos, no entanto, os recursos virtuais são descritos completa e holisticamente pelos seus dados. Por outro lado, a realidade das características físicas é muitas vezes tal, que eles só podem ser parcialmente capturados pelos seus dados. **Tentar capturar de forma completa e holística a superfície da Terra por meio de um Modelo Digital de Elevação (MDE) é um exemplo desse empreendimento impossível** (Pufahl, 2012).

Outro aspeto importante da informação aeronáutica é que o conteúdo da informação não muda tão frequentemente ou tão rapidamente quanto a tecnologia que a utiliza. Por exemplo, a grande maioria do conteúdo informativo dos atuais AIS (Anexo 15 da ICAO) e dos Serviços Meteorológicos (Anexo 3 da ICAO) ainda é aplicável como era quando o AIS e o *Meteorological information* (MET) foram concebidos pela primeira vez. **Os pilotos de amanhã ainda precisam saber onde um aeroporto está localizado, qual pista e que tipos de serviços estão disponíveis.** O mesmo é válido para informações meteorológicas como velocidade e direção do vento, temperatura e ponto de orvalho, bem como pressão barométrica. **O que é imperativo mudar, no entanto, são alguns dos requisitos de informação, como a qualidade e integridade dos dados, ou a rapidez com que os dados devem ser disponibilizados.** Além disso, uma **avaliação do impacto**

**operacional da informação torna-se cada vez mais importante, em vez de simplesmente fornecer a informação em si (Pufahl, 2012).**

De acordo com Pufhal (2012) as **principais características da informação aeronáutica, de acordo com o conceito da AIM**, podem ser descritas da seguinte forma:

- Os dados aeronáuticos são capturados digitalmente na origem;
- A informação aeronáutica é representada digitalmente, armazenada numa BD digital, a partir da qual ela pode ser recuperada para ser classificada, filtrada, exibida graficamente, ou manipulada e difundida digitalmente;
- A informação aeronáutica é prontamente integrada ou integrável com outros domínios de informação; a integração da informação aeronáutica também engloba a integração ar-solo, bem como a usabilidade por sistemas de informação automatizados e ferramentas de apoio à decisão;
- A integridade da informação aeronáutica é mantida em toda a cadeia de dados aeronáuticos;
- A informação aeronáutica é exibida graficamente, mostrando relações entre informações e entre diferentes camadas de informação, expondo assim possíveis problemas de qualidade;
- A informação aeronáutica é globalmente harmonizada através de definições de dados comuns, modelos de dados, formatos de partilha de dados, unidades de medida normalizadas e quadros de referência comuns;
- A informação aeronáutica pode ser transmitida via *data link* para, de e entre aeronaves, e via SWIM entre todas as partes interessadas do ATM;
- A temporalidade da informação aeronáutica é adequada para a tomada de decisões operacionais ao longo de todas as fases do voo, e inclui Planeamento e Referência, *Pre-flight*, *Inflight*, *Turn-around* e *Post-flight*;
- A informação aeronáutica é operacionalmente relevante e apoia diretamente os processos operacionais de tomada de decisões.

#### *II.2.6 Modelação da Informação Aeronáutica*

Os Estados e os ANSP já deram início à migração do AIS tradicional para o AIM. Numa organização AIS “clássica”, procede-se à publicação de documentos contendo

informação aeronáutica, como a AIP, Suplementos e NOTAM's, que estão em conformidade com o conteúdo e os formatos descritos pelas Normas e Práticas Recomendadas da ICAO (GlobalAIS, 2006).

Uma organização que está em processo de transição para o AIM gere os dados aeronáuticos de acordo com os requisitos de conteúdo de dados implícitos descritos pela ICAO. Atualmente, esses requisitos são representados num formato estruturado pelo *Aeronautical Information Conceptual Model* (AICM). Ao gerir os dados, a organização pode publicar as informações aeronáuticas em formatos de produtos tradicionais e novos usando a mesma fonte. Finalmente o AIM suporta precisão e partilha rápida de dados aeronáuticos para outros fornecedores de serviços e clientes (GlobalAIS, 2006).

O sucesso do AIM depende diretamente do modelo de dados usado para representar dados aeronáuticos. E porque é que os modelos são importantes?

O papel de um modelo de dados poderá passar por:

- Representar conceitos do mundo real como uma construção teórica para que possam ser representados e interpretados por sistemas automatizados;
- Fornecer uma base para uma estrutura lógica de dados durante a implementação de software e base de dados;
- Padronizar a compreensão concetual sobre um domínio para que cada pessoa e sistema envolvido possa falar a mesma linguagem;
- Fornecer a base para contratos (*service agreements*) entre sistemas, para que os sistemas utilizem o mesmo formato (GlobalAIS, 2006).

Em algum momento, quando a informação com a qual está a trabalhar excede um determinado volume ou nível de complexidade, e existem vários utilizadores a tentar aceder, classificar, filtrar ou manusear as informações, independentemente de estar em papel ou em formato digital, definitivamente vai querer estruturar a informação (Pufahl, 2012).

A tarefa morosa de criar uma estrutura de informações organizada é denominada de modelação de informação e as pessoas que executam essa tarefa são chamadas de arquitetos de informação. A modelação da informação requer uma

apreciação e compreensão dos domínios a serem analisado, só então podem ser estabelecidas convenções de nomenclatura consistentes, definições de dados desenvolvidas, determinadas informações identificadas como entidades-chave desse domínio, outras informações reconhecidas como fornecendo dados suplementares importantes sobre os dados, conhecidos como metadados, ou informações colocadas numa hierarquia de categorias e subcategorias inter-relacionadas, às vezes denominada de taxonomia, como refere Pufhal (2012).

Gerir grandes quantidades de informação é uma função primordial dos sistemas de informação. Um modelo de dados descreve a estrutura de dados para armazenamento em sistemas de gestão de dados, como BD relacionais, as *database management system* (DBMS). Um modelo de dados é um modelo abstrato que organiza, estrutura e documenta dados para comunicação entre sistemas de informação, principalmente. Os modelos de dados são usados para desenvolver aplicativos de *software*, modelos de BD, bem como para permitir a partilha de dados (Pufahl, 2012).

Como refere Pufhal (2012) e de acordo com o *American National Standards Institute* (ANSI), um modelo de dados pode ser um de três tipos:

- **Modelo de dados concetual** descreve a semântica de um domínio. Também chamado de modelo de dados semântico, é uma abstração que define o significado dos dados dentro do contexto de suas inter-relações com outros dados. Um modelo de dados semântico é uma abstração que define como os símbolos armazenados se relacionam com o mundo real. O mundo real, em termos de partes interessadas, recursos, operações, etc, é simbolicamente definido em armazenamentos de dados físicos. Assim, o modelo deve ser uma representação (suficientemente próxima) do mundo real. O *Aeronautical Information Conceptual Model* (AICM) é um exemplo de modelo de dados concetual numa versão inicial do AIXM, conceito presente nos sistemas da NAV Portugal, empresa utilizada com estudo de caso desta tese.
- **O modelo de dados lógico** é uma representação abstrata dos dados de um determinado domínio com base nas estruturas identificadas no modelo de dados concetual anterior. É organizado, por exemplo, em termos de entidades e relações e é independente de qualquer tecnologia de gestão de dados

específica. No entanto, o modelo de dados lógico de um DBMS não pode satisfazer totalmente os requisitos para uma definição concetual de dados, porque é limitado em termos de alcance e mais orientado para a estratégia de implementação utilizada pelo DBMS. O *Aeronautical Information eXchange Model (AIXM)* é um exemplo de modelo de dados lógicos, que se desenvolverá nesta tese no ponto II.2.6.3.

- **Modelo de dados físico** é um termo usado em relação à gestão de dados. Descreve os meios físicos, isto é, ficheiros e índices, pelos quais os dados são armazenados num DBMS específico (por exemplo, Oracle, Microsoft SQL) (Pufahl, 2012).

De acordo com Pufhal (2012) um arquiteto de informação usa diversos modelos e metodologias diferentes, incluindo os descritos acima, a fim de capturar a densa informação que é característica de um sistema complexo como é o sistema de transporte aéreo global. Não é de surpreender que muito esforço já tenha sido colocado na modelação de informação aeronáutica. Desde 1997, que a EUROCONTROL tem trabalhado no AIXM e foi concluído em 2003 pela FAA. As suas atividades de modelação também incluem o AICM, bem como o *ATM Information Reference Model (AIRM)*.

O objetivo da modelação de informação é facilitar e harmonizar a gestão e a distribuição de informações digitais. Uma das premissas é que um modelo harmonizado de partilha de informação ajudará a reduzir a fricção transaccional inerente aos processos de gestão de informação e, assim, aumentar a eficiência da cadeia de dados aeronáuticos. Um resultado disso é melhorar a pontualidade das informações e reduzir o custo da gestão de informação (Pufahl, 2012).

Uma maneira popular de modelar informação estruturada é usar o *eXtensible Markup Language (XML)*. Inicialmente projetado para modelação de documentos, agora é cada vez mais utilizado com sucesso para a representação de estruturas de dados arbitrárias. Uma crítica comum ao XML é sua verbosidade e complexidade, o que dificulta, às vezes, manipular, transmitir ou armazenar. Além disso, **os modelos de informação passam por mudanças evolutivas e o controle de versão (versionamento) é sempre um desafio em ambientes dinâmicos**. O AIM em todo o mundo necessita de estar ciente da dimensão destes desafios.

É um facto conhecido que a infraestrutura aeronáutica global está longe de ser uniforme. Apesar das SARP, a aviação é um sistema que se caracteriza por ter muitas exceções para cada regra. E mesmo que a infraestrutura aeronáutica em si fosse bastante harmonizada, por exemplo, o esquema de classificação do espaço aéreo, existe diversidade no modo com está a ser usada na sua componente operacional em diferentes partes do mundo. O desafio que **o modelo de informação enfrenta é, como pode ser harmonizado se a infraestrutura aeronáutica subjacente ou seu uso operacional não o for** (Pufahl, 2012).

Um argumento frequentemente ouvido é que a modelação de informação permite adotar uma perspetiva centrada em dados em vez de centrada em produtos. Pufahl (2012) defende que esta afirmação não é verdadeira e afirma que a modelação de informação refletirá sempre, pelo menos em parte, o uso operacional e o utilizador das informações. **Na maior parte, as informações serão modeladas de modo a facilitar o uso pretendido, seja para serem pesquisadas, classificadas, acedidas, recuperadas, exibidas, disseminadas, armazenadas, integradas ou manipuladas de outra forma pelo homem ou pela máquina, incluindo sua integração em vários produtos e serviços. As informações também serão estruturadas de forma diferente para diferentes grupos de utilizadores, pois usam as informações de maneira diferente, às vezes têm denominações diferentes, com diferentes prioridades ou consideram diferentes requisitos de qualidade.** Naturalmente, o objetivo não é criar um modelo diferente para a informação aeronáutica, dependendo de um projetista de procedimentos, gestor de fluxo de tráfego aéreo, piloto ou *ground handler*, mas é preciso equilibrar cuidadosamente a variedade de diferentes perspetivas e requisitos.

É inevitável afirmar-se que a troca de informações entre os subsistemas do sistema ATM necessita de ser facilitada e, idealmente, harmonizada. No entanto, até que ponto e em que nível será um desafio. Entretanto, um modelo de partilha de informação altamente especificado ou de difícil controlo pode-se mostrar inflexível e criar uma interface muito rígida, que pode colocar em risco a coesão de um sistema complexo fortemente interconectado. **Atingir o equilíbrio certo é provavelmente o maior desafio para arquitetos de informação e reguladores** (Pufahl, 2012).

### II.2.6.1 Aeronautical Information Conceptual Model (AICM)

Existem modelos conceituais padrão que fornecem uma descrição formal dos itens de informação aeronáutica, o mais conhecido é o *Aeronautical Information Conceptual Model* (AICM), que foi desenvolvido com base nos requisitos da ICAO para o fornecimento de dados necessários para a segurança, regularidade e eficiência da navegação aérea internacional. Este modelo padrão é cada vez mais usado como base para o projeto de uma BD AIS (ICAO, 2016b).

O AICM surge numa das recomendações do *Global AIS Congress* realizada em Madrid em junho de 2006, onde foi recomendado que a ICAO deveria adotar o AICM/AIXM como modelo conceitual de informação aeronáutica padrão e modelo de partilha de informação aeronáutica, por forma a permitir desenvolver meios apropriados de conformidade, e mecanismos globais para gerir e desenvolver o AICM/AIXM (ICAO, 2017).

### II.2.6.2 ATM Information Reference Model (AIRM)

O modelo de referência de informações ATM (AIRM) é a linguagem de referência comum para informações e dados de aviação. O AIRM contém a estrutura de informações civis e militares relevantes para o ATM em apoio à partilha de informação via SWIM. O AIRM representa a estrutura de informação de aviação relacionada com ATM de uma forma harmonizada. Isso facilita o uso, a reutilização e a combinação de informação partilhada por via SWIM e, dá suporte à interoperabilidade semântica dentro do contexto da modernizada *European ATM network* (EUROCONTROL, 2018a).

O AIRM é usado como referência:

- Pelo entendimento comum de informação e dados partilhados através do SWIM.
- Para padronizar os serviços de informação do SWIM.
- Para definir informação relacionada ao ATM, por exemplo, modelos de partilha (*Exchange Models*).

### II.2.6.3 Aeronautical Information Exchange Model (AIXM)

O modelo de partilha de informação aeronáutica (AIXM), foi projetado para permitir a gestão e distribuição dos dados dos AIS em formato digital, através do uso de um modelo de partilha comum.

Trata-se de uma especificação para permitir a interoperabilidade de informação aeronáutica. A versão em uso pela EAD é a 4.5, mas a mais recente versão do AIXM, é a versão 5.1, resultante de um esforço conjunto entre a EUROCONTROL e *Federal Aviation Administration* (FAA), (Barth *et al.*, 2008). A Figura 27 representa a cronologia do AIXM desde a sua implementação em 2003 na sua versão 3.3 até à versão mais recente.

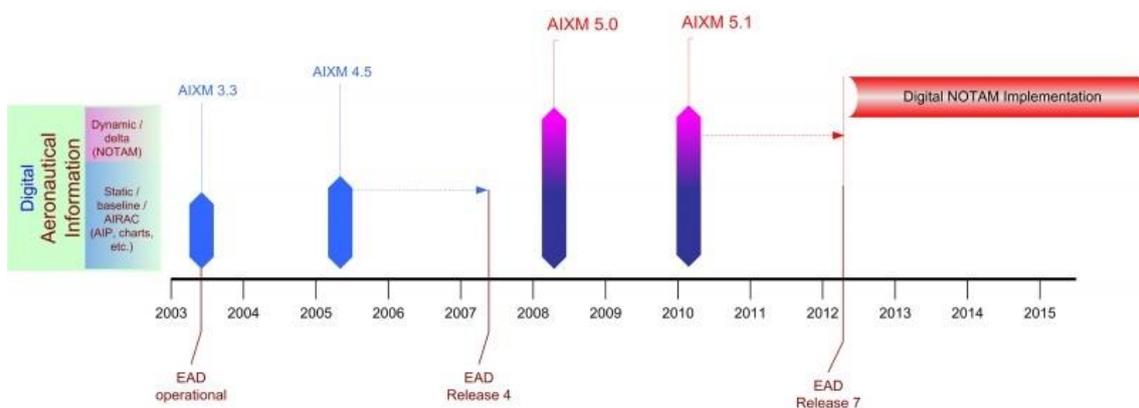


Figura 27 – Aeronautical Information Exchange Model

Fonte: (Eurocontrol, 2018a)

**O que difere nas versões 5.x das anteriores é que além dos dados estáticos estas versões já incluem a temporalidade dos dados, isto é, já permite integrar dados dinâmicos, como por exemplo os NOTAM.** Está prevista a sua implementação em 2019 pela EAD.

As informações aeronáuticas são codificadas e enviadas em XML. O XML é uma recomendação do *World Wide Web Consortium* (W3C) e é um padrão aberto e popular do mercado para a criação, gestão e partilha de dados estruturados. Trata-se de um subtipo de *Standard Generalised Markup Language* (SGML) capaz de descrever diversos tipos de dados. O seu principal propósito é a facilidade de partilha de informação através da Internet (Barth *et al.*, 2008).

É importante frisar que o AIXM possui dois componentes:

1. **AIXM Conceptual Model:** trata-se do modelo concetual do AIXM. Possui todas as entidades relevantes para o domínio e suas propriedades (atributos e relações).
2. **AIXM XML Schema:** trata-se da implementação do *AIXM Conceptual Model* na forma de um XML schema.

O *AIXM Conceptual Model* é definido usando *Unified Modeling Language* (UML). De acordo com Klinger (2008, p.47) “*UML is a standardized language for the specification, visualization, construction, and documentation of models for software systems, business models, and other non-software systems*”

O *AIXM Conceptual Model* cobre várias áreas, por exemplo: aeródromos e heliportos, limites do espaço aéreo, obstáculos e procedimentos. Cada área concetual possui as definições semânticas das entidades relevantes, atributos e relações. Para auxiliar na definição destas entidades, o AIXM faz uso do *Geography Markup Language* (GML) um padrão para troca de informações georreferenciadas definido pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC) (Barth et al., 2008).

Com a adoção do conceito AIM, o objetivo desta tese tem a ambição de propor a mudança da realidade atual para um cenário onde toda informação é transmitida através de uma rede AIM, responsável pela comunicação e distribuição de informações padronizadas, com validação e autenticação de acesso. O modelo concetual proposto no ponto V, permite evidenciar as vantagens de um sistema desta natureza.

As entidades e os utilizadores externos poderão assim ter acesso às informações aeronáuticas via um *Web Server* AIM. Todas as BD Aeronáuticas terão de funcionar de forma transparente para os Centros Operacionais, Sistemas e Aplicações. Através desta abordagem, novos serviços podem ser facilmente disponibilizados como *Web Services*.

Como Barth (2008 p.535-536) refere, uma rede AIM deve ser capaz de:

- Adquirir todas as informações relevantes de todas as fontes envolvidas, como, BD aeronáuticas, centros operacionais ATM, aplicações aeronáuticas, centros operacionais militares, sistemas aeroportuários e redes AIM externas;
- Integrar e validar as informações adquiridas num único formato para representação de informações aeronáuticas (AIXM);

- Armazenar parte das informações, permitindo o acesso rápido àquelas informações necessárias num curto espaço de tempo;
- Disponibilizar as informações aos utilizadores quando solicitadas ou de forma automática, mediante um pré-agendamento, respeitando as regras de acesso.

Durante o processo da elaboração desta tese e ao abrigo do *Academic Programme Agreement* celebrado com a empresa *Snowflake Software*<sup>28</sup> em 2014, permitiu o acesso a *software* específico para visualizar e editar dados e informação aeronáutica num ambiente SIG tridimensional, utilizando modelos de dados AIXM 5.1 disponibilizados no site AIXM da Eurocontrol (Figura 28). Também neste âmbito, a ESRI Portugal em 2017, facultou licenças temporárias para testar alguns modelos de dados no *software ArcGIS for Aviation: Charting*, demonstrando rapidez de processamento e facilidade de organização da informação aeronáutica, através das funcionalidades do *software* base de SIG o ArcGIS.

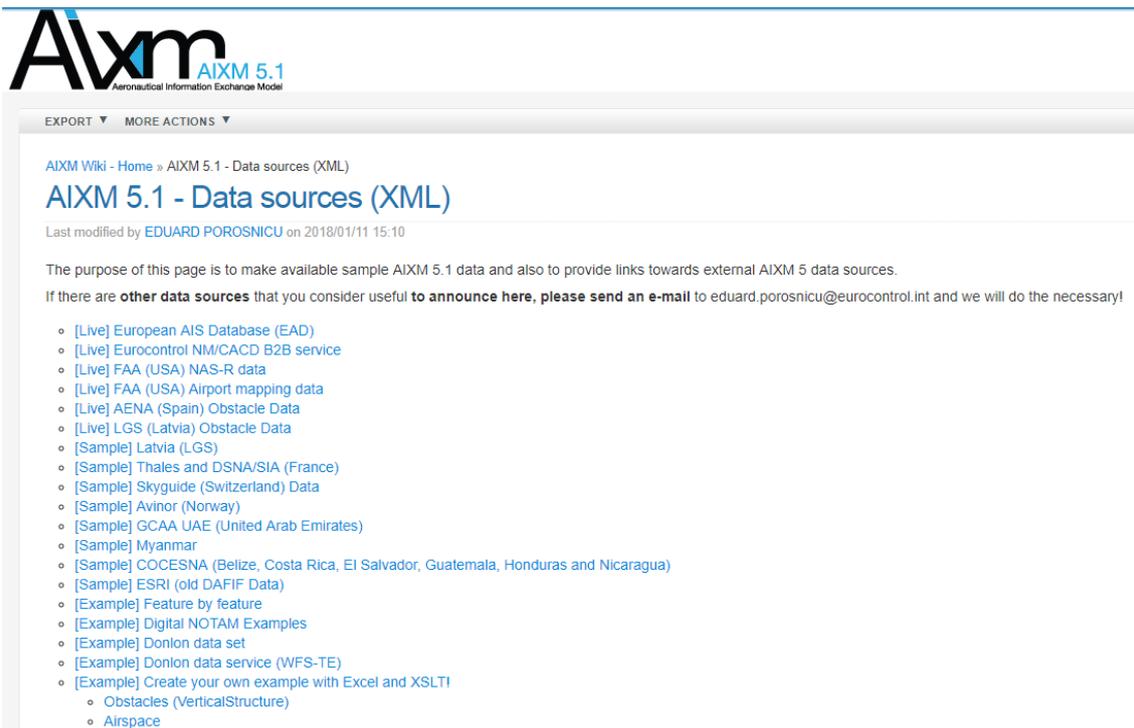
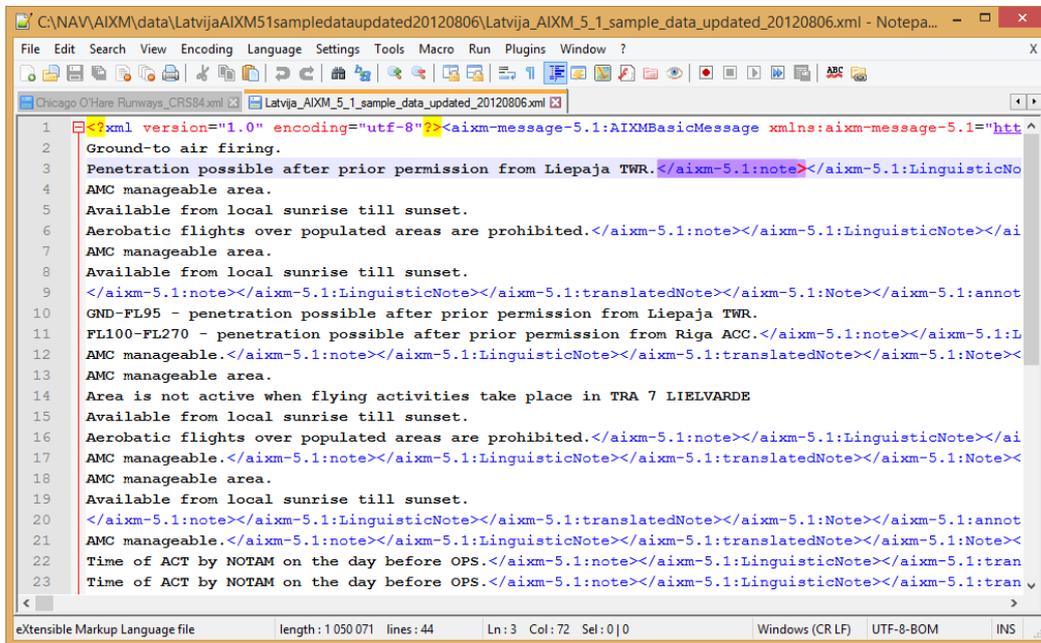


Figura 28 – AIXM 5.1 – Fontes de dados (XML)

Fonte: (Eurocontrol, 2018b)

<sup>28</sup> <https://snowflakesoftware.com/about/>

Foram utilizados os dados do espaço aéreo da Letónia, disponíveis no formato XML, explorando tanto o código, como ilustrado na Figura 29, como a sua representação gráfica, sendo também possível fazer a ligação a um *Webmapservice*, num ambiente 3D e de fácil utilização como ilustrado nas Figura 30 e Figura 31.



```
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?><aixm-message-5.1:AIXMBasicMessage xmlns:aixm-message-5.1="htt
2 Ground-to air firing.
3 Penetration possible after prior permission from Liepaja TWR.</aixm-5.1:note></aixm-5.1:LinguisticNo
4 AMC manageable area.
5 Available from local sunrise till sunset.
6 Aerobatic flights over populated areas are prohibited.</aixm-5.1:note></aixm-5.1:LinguisticNote></ai
7 AMC manageable area.
8 Available from local sunrise till sunset.
9 </aixm-5.1:note></aixm-5.1:LinguisticNote></aixm-5.1:translatedNote></aixm-5.1:Note></aixm-5.1:annot
10 GND-FL95 - penetration possible after prior permission from Liepaja TWR.
11 FL100-PL270 - penetration possible after prior permission from Riga ACC.</aixm-5.1:note></aixm-5.1:L
12 AMC manageable.</aixm-5.1:note></aixm-5.1:LinguisticNote></aixm-5.1:translatedNote></aixm-5.1:Note><
13 AMC manageable area.
14 Area is not active when flying activities take place in TRA 7 LIELVARDE
15 Available from local sunrise till sunset.
16 Aerobatic flights over populated areas are prohibited.</aixm-5.1:note></aixm-5.1:LinguisticNote></ai
17 AMC manageable.</aixm-5.1:note></aixm-5.1:LinguisticNote></aixm-5.1:translatedNote></aixm-5.1:Note><
18 AMC manageable area.
19 Available from local sunrise till sunset.
20 </aixm-5.1:note></aixm-5.1:LinguisticNote></aixm-5.1:translatedNote></aixm-5.1:Note></aixm-5.1:annot
21 AMC manageable.</aixm-5.1:note></aixm-5.1:LinguisticNote></aixm-5.1:translatedNote></aixm-5.1:Note><
22 Time of ACT by NOTAM on the day before OPS.</aixm-5.1:note></aixm-5.1:LinguisticNote></aixm-5.1:tran
23 Time of ACT by NOTAM on the day before OPS.</aixm-5.1:note></aixm-5.1:LinguisticNote></aixm-5.1:tran
eXtensible Markup Language file length: 1 050 071 lines: 44 Ln: 3 Col: 72 Sel: 0|0 Windows (CR LF) UTF-8-BOM INS
```

Figura 29 – Modelo AIXM 5.1 em formato XML do espaço aéreo da Letónia

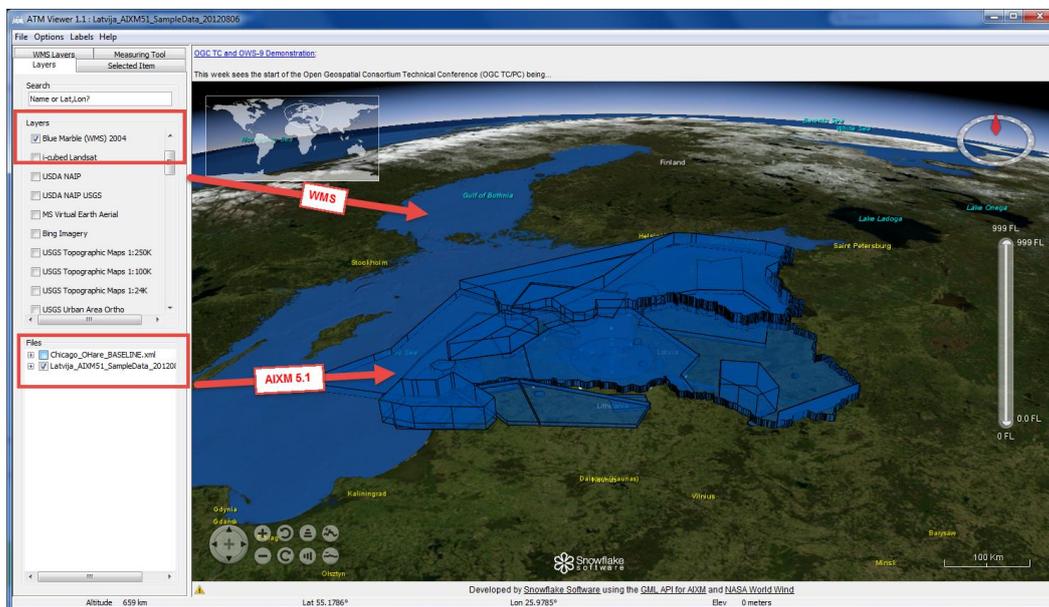


Figura 30 – Visualização de um modelo AIXM 5.1 e acesso WMS do espaço aéreo da Letónia, na aplicação ATM Viewer da Snowflake software

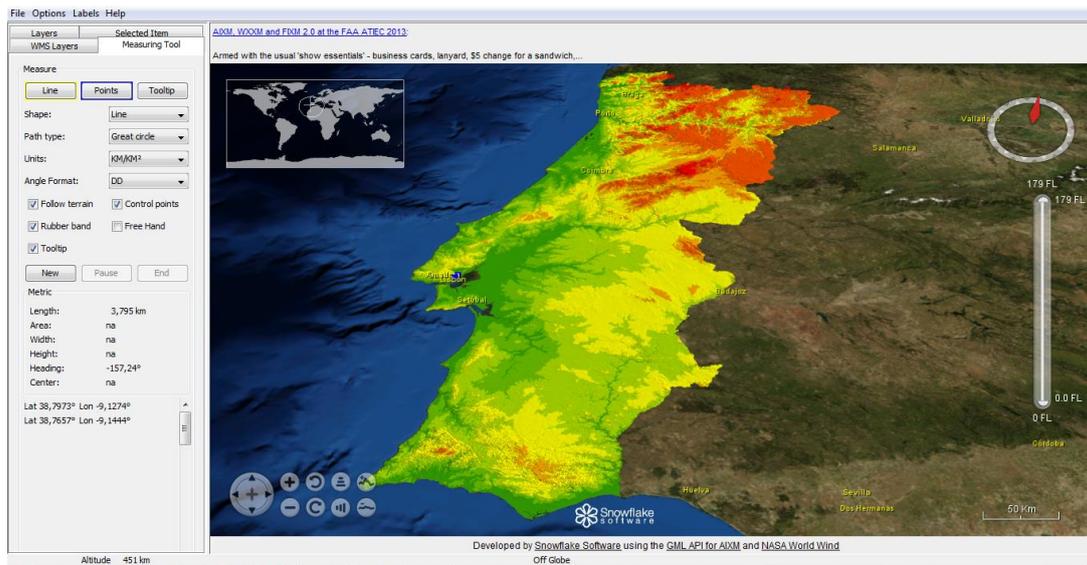


Figura 31 – Visualização de um acesso WMS do Modelo Digital de Terreno 50m da DGT

A EASA (2017), na *Notice of Proposed Amendment 2016-02 (NPA)*, propõe uma abordagem baseada no desempenho. Para efeitos de intercâmbio de dados aeronáuticos, a NPA deixa livre a escolha do modelo mais adequado para partilhar dados, desde que seja globalmente interoperável entre as partes relevantes. Na prática, isso significa que o AIXM terá que ser usado, sem impor uma versão específica deste modelo. Isto proporciona uma abordagem mais flexível em comparação com o Regulamento ADQ (I.3.1.3) que exigia a versão específica 5.1 do AIXM e também está em conformidade com o Anexo 15 da ICAO. O requisito de formato não é aplicável a empresas de aviação, mas deve poder partilhar dados aeronáuticos através de meios eletrónicos, em vez de “ligação” como refere o Regulamento ADQ. Entende-se que a partilha de dados aeronáuticos pode ser feita por um número de trocas eletrónicas, incluindo documentos de *e-mail* ou *pdf*, e sem qualquer interação manual com os dados propriamente ditos. Essa abordagem é adotada para levar em consideração outras possibilidades de partilha de dados do que a conexão de sistema para transferência estritamente automática (EASA, 2017).

Uma das perguntas mais frequentemente colocadas é - *Como conseguimos visualizar dados AIXM num mapa?*

Embora o AIXM use o padrão GML, existem algumas particularidades nos dados aeronáuticos que exigem um pouco de processamento especializado, além dos

visualizadores GML padrão, como são os exemplos do AIXM Viewer (FAA)<sup>29</sup>, AIXM Viewer (Luciad)<sup>30</sup>, ATM Viewer (Snowflake)<sup>31</sup> e o Jumpstart (Eurocontrol)<sup>32</sup>, os SIG permitem responder às novas solicitações do sector aeronáutico em termo de AIM, como será desenvolvido no capítulo V com a proposta do modelo concetual.

### II.2.7 Distribuição da Informação Aeronáutica

As informações aeronáuticas precisam ser corretas, completas, precisas e confiáveis, localizáveis, pesquisáveis, seguras, acessíveis e provenientes de uma fonte fidedigna. Necessita de obedecer a padrões abertos, de modo que seja prontamente integrável a outras fontes de informação e que também possa ser facilmente partilhada entre diferentes partes interessadas e seus sistemas. As informações necessitam de ser exibidas graficamente, em cores, em duas ou mais dimensões e usando representações gráficas em movimento. A informação tem de ser oportuna por forma a alcançar os utilizadores onde for necessário, em qualquer parte do mundo (Pufahl, 2012).

Pufahl (2012) descreve que os canais de distribuição tradicionais dispunham de informação aeronáutica publicada em suporte de papel e enviada por correio aos seus utilizadores finais, como está patente na Tabela 10. Este processo é descrito em detalhes no Anexo 15 da ICAO (AIS) no ponto I.2.2.1.2, e no respetivo Manual AIS da ICAO (Doc. 8126) no ponto I.2.2.1.4. Este processo foi praticado com sucesso nas últimas décadas em que os pilotos de todo o mundo carregavam consigo grandes malas cheias de cartas em papel e outros documentos aeronáuticos onde quer que fossem, incluindo pastas contendo impressões de NOTAM, formulários de plano de voo bem como resumos meteorológicos impressos.

Ao longo do tempo, as *data houses* começaram a transcrever manualmente as informações para armazenamento em BD para posteriormente servir como entrada numa variedade de produtos digitais, incluindo BD de navegação, BD de aeroportos, BD de terrenos e obstáculos, etc (Pufahl, 2012).

---

<sup>29</sup> <http://aixm.aero/document/faa-aixm-viewer>

<sup>30</sup> <http://www.luciad.com/solutions/luciad-aixm-viewer>

<sup>31</sup> <https://snowflakesoftware.com/webinars/#atm-viewer>

<sup>32</sup> <http://aixm.aero/page/open-source-projects>

Tabela 10 – Distribuição de informação aeronáutica sob o produto centrado no AIS

Aeronautical Information Products	Distribution Medium	Distribution Channel	Connection Type	Involved Actors	Speed of Distribution	
<b>Aeronautical Information Service</b>						
AIP, AIP SUPs, AIC, charts	Paper	Mail		G-G	AIS office, data house, airline, pilot	Very slow
			Hand	G-G	ANSP, airport, data house, airline, pilot	Slow
Some relevant aeronautical information, e.g., ATIS	Voice	VHF/HF		A-G	Controller, pilot	Fast
NOTAM	Telex, digital	AFTN		G-G	ANSP, AOC	Fast
Some relevant aeronautical information			ACARS		A-G	Dispatch, pilot

Fonte: (Pufahl, 2012)

O objetivo do conceito de AIM, por outro lado, é formalizar, numa base global, Mídias digitais e canais eletrônicos de distribuição. Assim, a comunidade ATM pode alavancar a alta velocidade do Protocolo de Internet de banda larga (IP) ou a conectividade por *data link*, seja por satélite ou infraestrutura terrestre. Em ambos os casos, as velocidades de transmissão são medidas em milissegundos para transferir a gama de produtos e serviços digitais.

A distribuição de informação aeronáutica sob o conceito de AIM é resumida na Tabela 11. Note-se que as instruções do ATC continuarão a ser realizadas por voz sobre rádio VHF<sup>33</sup>/HF<sup>34</sup>. No entanto, a transmissão de informação aeronáutica será inteiramente por serviços de *data link* (Pufahl, 2012).

<sup>33</sup> Very high frequency.

<sup>34</sup> High frequency.

Tabela 11 – A distribuição de informação aeronáutica no âmbito do conceito AIM

Aeronautical Information Products	Distribution Medium	Distribution Channel		Connection Type	Involved Actors	Speed of Distribution
<b>Aeronautical Information Management</b>						
All aeronautical information	Digital	Broadband IP		G-G	Entire ATM community	Ultra fast
All operationally relevant aeronautical information			Data link	A-G	Pilot, controller, dispatch	Very fast

Fonte: (Pufahl, 2012)

Ao longo da história da aviação, sempre foi um desafio comunicar com os pilotos a bordo da aeronave. Sinais manuais e de luz foram usados inicialmente, e as capacidades expandiram-se tremendamente com o advento da comunicação de rádio VHF/HF. Até à atualidade, e dependendo da necessidade operacional, cada um destes métodos pode ser usado como o principal ou *back-up* de comunicação com aeronaves, estando no ar ou no solo.

Com base na tecnologia emergente de comunicações de *data link* de grande largura de banda disponível globalmente, conforme mostrado na tabela 10, um conjunto inicial de serviços de *data link* evoluiu ao ponto de se comunicar de forma confiável com as aeronaves. Independentemente de onde eles estejam, durante qualquer fase do voo, ou de quais informações eles necessitam, os serviços de *data link* podem fornecer informações críticas de alta qualidade, tempo e voo aos pilotos, em qualquer momento, o tempo todo (Pufahl, 2012).

Para tornar os serviços de dados operacionalmente viáveis, as informações devem ser adquiridas e cuidadosamente pré-processadas no local para garantir que os requisitos rigorosos de qualidade sejam consistentemente atendidos. A informação é então transmitida para a aeronave via *data link*, onde é recebida, armazenada e processada pelos sistemas de gestão de informações a bordo. Já Pufahl (2012) defende que dependendo do seu uso operacional ou aplicabilidade, a informação pode ser recuperada e exibida graficamente para os pilotos, ou através de outras interfaces apropriadas do sistema visual ou auditivo. Em qualquer um dos casos, as informações

vinculadas a dados dão suporte aos pilotos nos seus múltiplos processos de tomada de decisões operacionais, dia após dia.

Como referido no ponto II.2, a informação aeronáutica precisa ser distribuída entre todos os membros da comunidade ATM, em particular aqueles referidos como os *ATM actors* (operações), ou seja, piloto, controlador e prestador de serviços. Isso requer canais de distribuição bidirecionais de largura de banda suficiente entre as partes interessadas no solo e no ar, ou seja, *ground-ground* (G-G) tal como *air-ground* (A-G), como se ilustra na Figura 32. Os pontos finais desses canais de distribuição, em qualquer direção, podem ser homem ou máquina. Isso significa que a informação aeronáutica necessita de ser estruturada de modo a ser otimizada para a transmissão digital, e de modo a que ela possa ser facilmente assimilada pelos requisitos de informação correspondentes de seus utilizadores finais, incluindo a exibição textual ou gráfica das informações. Os processos de gestão de informação correspondentes necessitam de minimizar os atritos ou resistências transacionais, como os conversores que simplesmente convertem de um formato de dados para outro ou as etapas do processo que exigem o registo manual das informações (Pufahl, 2012).

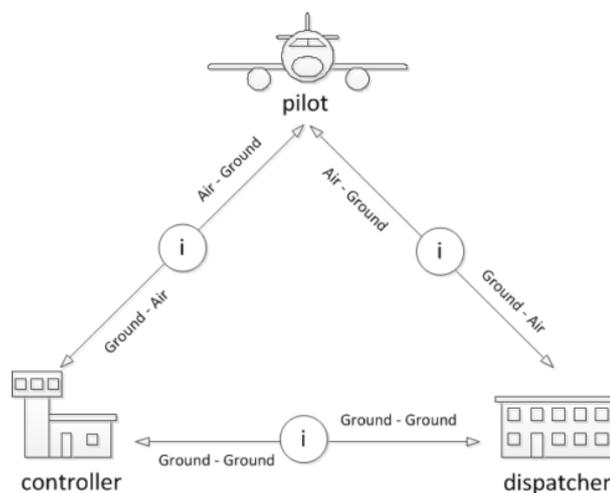


Figura 32 – Os ATM actors: pilotos, controladores e prestadores de serviços

Fonte: (Pufahl, 2012)

Além disso, à medida que o conceito do SWIM evolui, o acesso às informações necessárias continuará a permitir operações seguras e eficientes. Dentro de uma rede SWIM, as informações serão distribuídas como produtos tradicionais ou eletrónicos (por exemplo, AIP, NOTAM, cartas digitais) e serviços (por exemplo, serviços de informações,

*web feature services*) por meio de diferentes mecanismos de mensagens, como publicação/assinatura, mecanismo *push and pull*, e estes mecanismos também são por vezes denominados de serviços contratuais, de procura e de transmissão (Pufahl, 2012).

### II.2.8 *Produtos e Serviços (outputs) da Informação Aeronáutica*

De acordo com Pufahl (2012) produtos e/ou serviços são resultados de qualquer atividade económica que os consumidores consomem e estão dispostos a pagar. Da mesma forma, o AIM constitui uma atividade (económica) que traz certos produtos e serviços de informação. Às vezes, uma entidade económica (produtor) gera produtos e serviços, como um ANSP, gerando produtos, como cartas aeronáuticas e a AIP, mas também prestam serviços, como desenho do espaço aéreo e ATC. Uma carta aeronáutica, no entanto, não é simplesmente um produto, pois requer um **serviço de atualização de cartas regular para que permaneça atualizado e, portanto, (legalmente) utilizável**, tendo sido este o tema que terá espoletado a elaboração da proposta presente nesta tese.

Quando a informação é uma matéria-prima fundamental na criação de produtos e serviços, caso em que nos podemos referir a eles como produtos de informação e serviços de informação, parece haver uma correlação direta entre a temporalidade da informação e se ela pode ou não transformar-se num produto ou serviço de informação (Pufahl, 2012) como o autor ilustra na Figura 33. Intuitivamente, faz pouco sentido (económico) criar um produto físico baseado grande parte em mudanças temporárias (de curta duração). Por exemplo, uma publicação de informação aeronáutica é um produto destinado à distribuição fundamentalmente constituída por dados aeronáuticos permanentes e mudanças temporárias de longa duração.

Uma carta aeronáutica, outro produto de informação, não representa informações de NOTAM que representam alterações temporárias (isto é, de curta duração). Um aplicativo de cartas aeronáuticas eletrónicas, por outro lado, como alguns dos produtos AeroNav<sup>35</sup> da FAA, o *Integrated Cartographic Environment – ICE* da IDS

---

<sup>35</sup> [https://www.faa.gov/air\\_traffic/flight\\_info/aeronav/](https://www.faa.gov/air_traffic/flight_info/aeronav/)

(Ingegneria Dei Sistemi S.p.A.)<sup>36</sup>, o *ArcGIS for Aviation: Charting* da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*)<sup>37</sup> e outros aplicativos disponíveis publicamente<sup>38</sup> ou comercialmente<sup>39</sup>, podem automaticamente integrar e exibir graficamente informações aeronáuticas temporárias sobrepostas a uma camada de informação aeronáutica mais permanente. Estes são alguns exemplos de aplicativo de *software* que combinam as noções de produto e serviço de informações no sentido de integrar diferentes fontes de informação. Pufhal (2012) refere que o *Automatic Terminal Information Service* (ATIS) é uma transmissão contínua sobre a frequência de rádio VHF de informações não controladas registradas em áreas selecionadas de terminal de alta atividade (aeroporto), como tal, é um meio de um serviço de informação aeronáutica quase em tempo real.

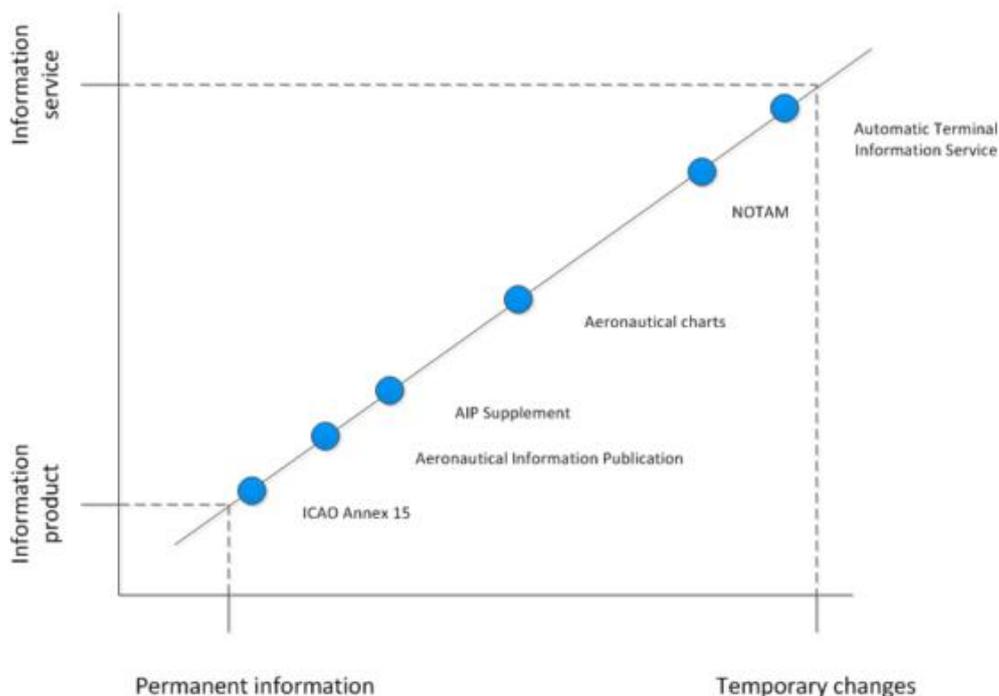


Figura 33 – Correlação entre a temporalidade da informação: produto da informação ou serviço de informação?

Fonte: (Pufahl, 2012)

<sup>36</sup> Solução baseada em SIG para a criação e manutenção de cartas aeronáuticas de acordo com o roteiro da ICAO do AIS para o AIM: <https://www.idscorporation.com/pf/ice/>

<sup>37</sup> Solução baseada em SIG que aumenta a eficiência da produção de cartas aeronáuticas, ajudando a gerar e gerir cartas a partir de um sistema central orientado a BD: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-for-aviation-charting/overview>

<sup>38</sup> <http://vfrmap.com/>

<sup>39</sup> *Lido / Navigation: Smart navigation solutions for your flight deck* (Lufthansa Systems, 2017)

Em qualquer um dos casos, a informação aeronáutica passa por estágios distintos de seu ciclo de vida, conforme ilustrado na Figura 34. Da identificação de possíveis utilizadores finais da informação e reavaliar se a informação é adequada para o uso pretendido, por meio da recolha de informações do *Single Authoritative Source* (SAS), para verificar se a informação mudou e carece de atualização, para torná-la acessível e disponível através da rede SWIM, para finalmente aceder às informações através de uma variedade de produtos e serviços. Este ciclo de vida, no entanto, não seria completo sem fechar o circuito, fornecendo *feedback* se a informação foi completa, precisa e adequada para o uso pretendido (Pufahl, 2012).

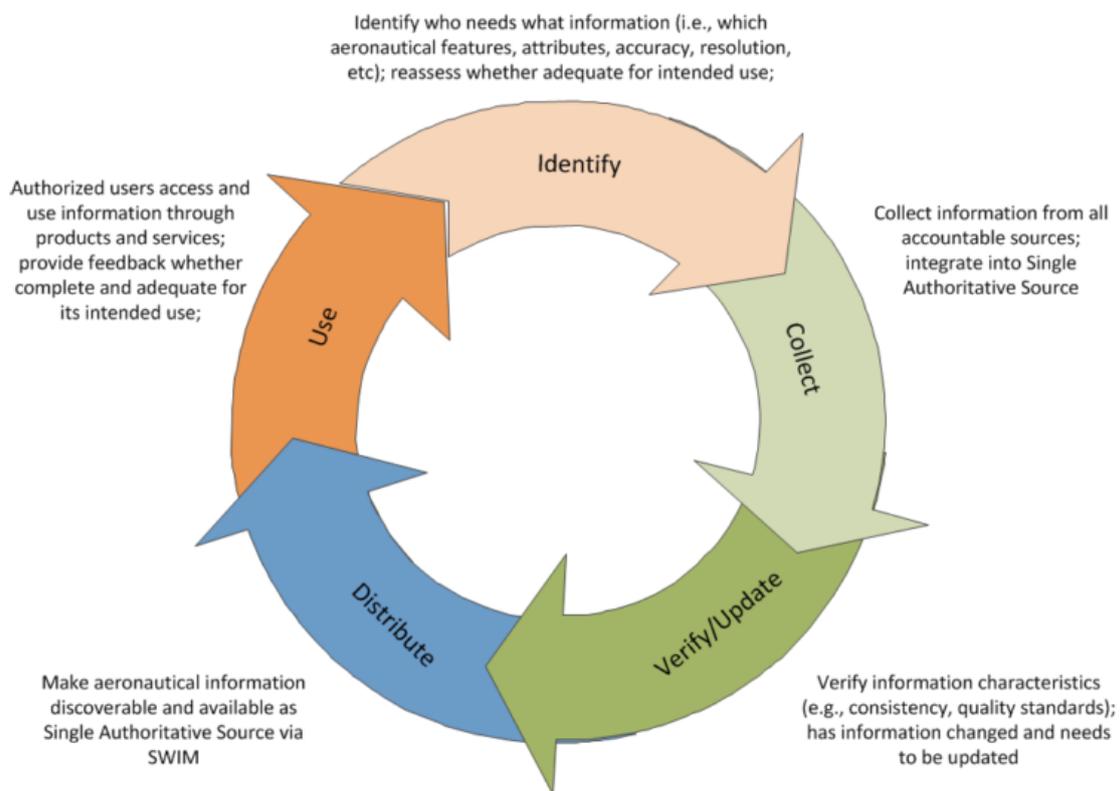


Figura 34 – As várias etapas do ciclo de vida da informação

Fonte: (Pufahl, 2012)

Uma maneira diferente de apresentar os produtos e serviços de informação aeronáutica é mostrada na tabela 11. Desta vez, o *continuum* de temporalidades é subdividido nas categorias de Planeamento e Referência, Pré-voo e Durante o Voo. Os requisitos temporais da categoria Pós-voo são tais que as informações que foram consumidas durante um período específico de operação foram arquivadas e podem ser identificadas de forma exclusiva. Atualmente, a forma como o *feedback* pós-voo é fornecido de volta ao sistema faz-se através de relatórios *ad-hoc* feitos por pilotos. A

Tabela 12 também reflete como o conjunto atual de produtos e serviços do AIS evoluirá para um conjunto futuro de produtos e serviços do AIM.

Tabela 12 – O contínuo das temporalidades

Temporality	Planning and Reference	Pre-flight	In-flight	Post-flight
Description	Permanent information	Temporary changes		Archived information
Current AIS products and services	AIP AIP Supplement AIC Aeronautical charts	NOTAM SNOWTAM ASHTAM PIB	No specific AIS products, with the exception of possibly aeronautical charts;  Information updates disseminated by voice (e.g., ATIS) and emerging data link (e.g., FIS-B)	No specific AIS products;  Opportunity for pilots to provide ad-hoc anecdotal feedback;
Future AIM products and services	Aeronautical information via Single Authoritative Source (aggregating information from multiple accredited sources)	Fully integrated and up-to-date digital PIB	Critical information disseminated (as text and/or graphic) via broad-band data link services	Fully integrated self-regulating feedback mechanism, e.g., analysis of trajectories for systemic improvements;

Fonte: (Pufahl, 2012)

Em geral, sob o conceito de AIM, há uma tendência de aumentar a disponibilidade de mais informações em tempo real, a fim de atender às necessidades mais rigorosas de informações em curso. Além disso, existe uma necessidade de integração de produtos de informação tradicionais como por exemplo, **cartas aeronáuticas baseadas em informação mais permanente, com serviços de informação regularmente atualizados**. Isso também facilita uma transição contínua de produtos legados (cartas) para uma orientação de serviço crescente. Os futuros produtos e serviços da AIM também serão alvo de mudanças no âmbito da informação, nomeadamente para tratar de questões operacionalmente relevantes, como paralisações de GPS<sup>40</sup>, RAIM<sup>41</sup> ou ETOPS<sup>42</sup> (Pufahl, 2012).

Sob o AIM, também haverá mais ofertas de aplicativos de informação, ou seja, combinação de um produto de informação com um serviço. Por exemplo, um aplicativo

<sup>40</sup> *Global Positioning System*

<sup>41</sup> *Receiver Autonomous Integrity Monitoring*

<sup>42</sup> *Extended Range Twin Engined Operations*

de cartas aeronáuticas digitais que combina a representação gráfica de informações aeronáuticas permanentes com serviços de informações adicionais, incluindo, por exemplo, NOTAM, tráfego, clima, etc.

### II.3 Transição do AIS para AIM

*“That ICAO, when developing ATM requirements, define corresponding requirements for safe and efficient global aeronautical information management that would support a digital, real-time, accredited and secure aeronautical information environment” (ICAO, 2009b, p.1-2).*

Reconhece-se que, para satisfazer os novos requisitos decorrentes do Conceito Operacional Global ATM, os AIS devem fazer a transição para o conceito mais amplo de AIM. A 36.ª Assembleia reconheceu a necessidade de uma estratégia e conceito de AIM a este respeito, como também foi observado nas recomendações do Congresso Global AIS de 2006. **Uma estratégia de transição está a ser desenvolvida para garantir a disponibilidade de informação aeronáutica credenciada e de qualidade garantida em tempo real para qualquer utilizador de ATM num ambiente globalmente interoperável e totalmente digital (ICAO, 2018a).**

As seguintes tarefas são realizadas sob o objetivo estratégico "Eficiência":

- Desenvolvimento de um roteiro estratégico para apoiar a transição do AIS para o AIM;
- Desenvolvimento de uma apresentação adequada da informação aeronáutica ao utilizador final, incluindo AIP e cartas electrónicas;
- Garantia de uma abordagem global uniforme para o fornecimento de informação aeronáutica através do aumento da utilização da Internet;
- Evidenciar a implementação do *World Geodetic System - 1984 (WGS 84)*, sistemas de gestão de qualidade e dados de terreno e obstáculos electrónicos.

O **roteiro para a transição do AIS para o AIM** foi desenvolvido em consulta com o *AIS-AIM Study Group*<sup>43</sup> e foi observado pela *Air Navigation Commission*. Aborda mais

---

<sup>43</sup> <https://www.icao.int/safety/ais-aimsg/Pages/default.aspx>

especificamente, e em maior detalhe, a direção dada no Plano Global de Navegação Aérea (Doc. 9750 da ICAO, 2013) do AIS ao AIM para refletir a importância da evolução. Oferece orientação prática e assessoria a grupos e Estados de planeamento regional para o desenvolvimento das estratégias de implementação e financiamento que serão necessárias para as iniciativas do plano global relacionadas à informação aeronáutica. O roteiro identifica os principais marcos recomendados para uma evolução uniforme em todas as regiões do mundo, identifica etapas específicas que precisam ser alcançadas e identifica prazos para a implementação (ICAO, 2018c).

A maior mudança na transição para o AIM será o aumento do uso de tecnologia de computadores na gestão de informação, com uma ênfase crescente na componente digital dos dados que impulsionará todos os processos para o AIM (ICAO, 2009b).

Os produtos gráficos e de texto serão baseados na mesma definição padrão subjacente de dados georreferenciados. A definição de uma Norma para um modelo de partilha de dados aeronáuticos assegurará interfaces padronizadas entre os computadores de fornecedores e utilizadores de dados. Isso permitirá a definição de novos produtos, nos quais o texto e os gráficos serão apresentados de uma forma mais legível. Isso permitirá a definição de novos serviços, onde as mesmas informações serão disponibilizadas através de ferramentas de apoio à decisão para todos os componentes do ATM (ICAO, 2009b).

### *II.3.1 Produtos possíveis*

Os *Pre-flight Information Bulletins* (PIB) são frequentemente carregados com informação não relevante para o voo, devido às capacidades limitadas de filtragem que o formato atual dos NOTAM possui. Boletins de pré-voo também são difíceis de ler e interpretar devido à falta de recursos gráficos do atual formato de NOTAM. Novos produtos combinando informações textuais e gráficas necessitam de ser especificados (ICAO, 2009b).

O *Roadmap* para a transição AIS para AIM (2009), refere ainda que a representação eletrónica de cartas aeronáuticas estão-se a tornar mais fáceis e economicamente mais viáveis de instalar no *cockpit* das aeronaves e a sua

funcionalidade está aumentando, como é o caso dos *Electronic Flight Bag (EFB)*<sup>44</sup>. É provável que se complementem progressivamente algumas cartas em papel e substituam outros, o que exigirá Padrões e símbolos atualizados para recursos de exibição eletrônica.

As futuras capacidades de transferência de dados digitais entre o ar e o solo serão usadas para fornecer novos produtos, tais como boletins de informação em voo, através do carregamento de informação aeronáutica e meteorológica diretamente a bordo das aeronaves durante todas as fases do voo.

O conceito AIM exige que todas as informações aeronáuticas, incluindo aquelas atualmente mantidas em AIP, sejam armazenadas como conjuntos de dados padronizados individuais para serem acessados através de aplicativos do utilizador. A distribuição desses conjuntos de dados definirá os novos serviços fornecidos pelo futuro AIM. Isto constituirá o futuro pacote integrado de informação aeronáutica que conterá o requisito regulamentar mínimo para assegurar o fluxo de informação necessário para a segurança, regularidade e eficiência da navegação aérea internacional (ICAO, 2009b).

### *II.3.2 Benefícios esperados*

O AIM traz benefícios para todas as partes integrantes do sistema ATM, permitindo o fornecimento de dados aeronáuticos da qualidade exigida, acessíveis a todos os utilizadores em todos os momentos (Eurocontrol, 2006). Como tal, contribuirá especialmente para:

- *Safety*
- *ATM performance*
- *Flight Efficiency*
- *Enabling User Applications*
- *Uniformity and interoperability of systems*
- *Cost effectiveness*

---

<sup>44</sup> Abrange qualquer *hardware* de tela eletrônica portátil destinado principalmente ao uso de convés de cabine ou de cabine. Os "dispositivos EFB" podem armazenar e exibir uma variedade de dados de aviação ou realizar cálculos básicos para o desempenho da aeronave ou para fins de carregamento de combustível (Skybrary, 2018).

### II.3.3 Oito princípios orientadores para a transição para o AIM

De acordo com o *roadmap* para a transição AIS para AIM da ICAO (2009) os projetos realizados para alcançar as etapas identificadas no roteiro devem ser especificados e conduzidos de acordo com os oito princípios orientadores a seguir. Assim, a transição do AIS para o AIM terá que:

- Cumprir o processo de alteração dos anexos da ICAO;
- Apoiar ou facilitar a geração e distribuição de informação aeronáutica que sirva para melhorar a acessibilidade segura e eficaz em termos de custos dos serviços de tráfego aéreo no mundo;
- Fornecer uma base para medir o desempenho e os resultados associados à distribuição de informação aeronáutica de qualidade garantida e uma melhor compreensão dos determinantes da ATM, segurança e eficácia não relacionados com a distribuição da informação;
- Ajudar os Estados a fazer escolhas informadas sobre os seus serviços de informação aeronáutica e o futuro da AIM;
- Basear-se nos desenvolvimentos nos Estados, organizações internacionais e indústria e reconhecer que a **transição para o AIM é uma evolução natural e não uma revolução**;
- Fornecer padrões abrangentes e maduros que se apliquem a uma ampla gama de produtos, serviços e tecnologias de informação aeronáutica;
- Ser guiado pelo *Global Air Navigation Plan* (Doc. 9750 - ICAO) e assegurar que todo o desenvolvimento se destine a alcançar o sistema ATM previsto no *Global Air Traffic Management Operational Concept* (Doc. 9854 - ICAO); e
- Assegurar, na medida do possível, que as soluções sejam internacionalmente harmonizadas e integradas e não imponham desnecessariamente requisitos múltiplos de transporte de equipamentos para aeronaves ou sistemas múltiplos no solo.

### II.3.4 O roteiro para o AIM

*“The purpose of this roadmap is to develop the AIM concept and associated performance requirements by providing a basis upon which to manage and facilitate, on*

*a worldwide basis, the transition from AIS to AIM. The roadmap is based on what we know today but has been developed with sufficient flexibility for the new concepts that will emerge from future research” (ICAO, 2009b, p. I-6).*

As três fases de ação que estão previstas para os Estados e a ICAO concluir a transição do AIS para o AIM são:

Fase 1 - Consolidação

Fase 2 - Fase digital progressiva

Fase 3 – Gestão de informação

O roteiro deve proceder com cautela ao defender iniciativas de gestão de informação mais sofisticadas para garantir que elas não impeçam as obrigações dos Estados de corrigir a infraestrutura e outras deficiências já identificadas (ICAO, 2009b).

### *II.3.5 Os passos do roteiro para o AIM*

Este roteiro fornece a direção estratégica e os principais princípios para a transição para o AIM. As três fases mencionadas no ponto II.3.4 não precisam ser seguidas numa abordagem em cascata, por exemplo, podem ser tomadas medidas para introduzir os elementos digitais, mesmo que as etapas de consolidação não tenham sido finalizadas. Da mesma forma, não são necessários todos os passos para que a componente digital seja alcançada antes de introduzir novas medidas relacionadas à gestão de informação. As fases, no entanto, dão uma indicação de como abordar a transição (ICAO, 2009b).

O *Roadmap* para a transição AIS para AIM (2009), fornece na Parte II do documento (p.II-1), uma lista mínima de 21 passos importantes para alcançar a transição para o AIM. Um amplo posicionamento dos passos em relação às três fases é representado na Figura 35. A transição para o AIM será eficaz a nível global quando esses passos forem alcançados. A maioria das etapas nas fases 2 e 3 da transição exige que novos padrões e práticas recomendadas sejam adotados a nível global.

As etapas listadas na Parte II constituem uma lista mínima de áreas de atividades para os Estados coordenarem a transição para o AIM entre si e com a ICAO. As etapas devem ser tomadas como uma lista de verificação de ações de alto nível. A falta de ação

em qualquer uma dessas etapas aumentaria a duração da transição e afetaria negativamente a função de habilitação do AIM no futuro conceito de ATM (ICAO, 2009b).

A lista pode evoluir durante a transição, especialmente quando nos aproximamos da Fase 3. Esse roteiro será atualizado com a evolução adicional dos conceitos gerais de ATM e requisitos do sistema. As fases e passos do *roadmap* do AIS para o AIM (Tabela 13 e Figura 35) são:

**Tabela 13 – As fases e passos do Roadmap AIS para AIM**

<b>Fase 1 — Consolidação (<i>Consolidation</i>)</b>
<i>P-03 — AIRAC adherence monitoring</i>
<i>P-04 — Monitoring of States’ differences to Annex 4 and Annex 15</i>
<i>P-05 — WGS-84 implementation</i>
<i>P-17 — Quality</i>
<b>Fase 2 — Fase digital progressiva (<i>Going digital</i>)</b>
<i>P-01 — Data quality monitoring</i>
<i>P-02 — Data integrity monitoring</i>
<i>P-06 — Integrated aeronautical information database</i>
<i>P-07 — Unique identifiers</i>
<b><i>P-08 — Aeronautical information conceptual model</i></b>
<i>P-11 — Electronic AIP</i>
<i>P-13 — Terrain</i>
<i>P-14 — Obstacles</i>
<i>P-15 — Aerodrome mapping</i>
<b>Fase 3 — Gestão de Informação (<i>Information Management</i>)</b>
<i>P-09 — Aeronautical data exchange</i>
<i>P-21 — Digital NOTAM</i>
<i>P-10 — Communication networks</i>
<i>P-12 — Aeronautical information briefing</i>
<i>P-16 — Training</i>
<i>P-18 — Agreements with data originators</i>
<i>P-19 — Interoperability with meteorological products</i>
<i>P-20 — Electronic aeronautical charts</i>

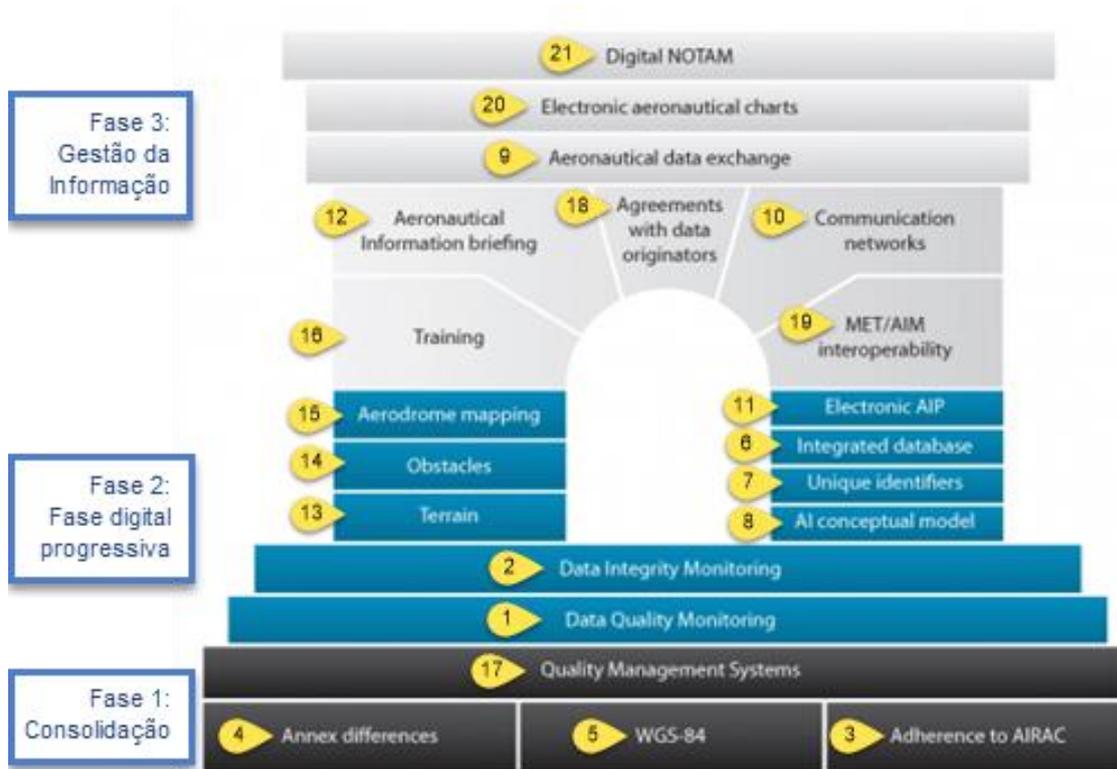


Figura 35 – Roadmap do AIS para o AIM desenvolvido pela ICAO

Fonte: Adaptado de Eurocontrol, 2018

Pufhal (2012) sistematiza nas Figuras 36, 37 e 38 a evolução dos AIS para a AIM que ocorre dentro do contexto mais amplo do sistema global de ATM. As figuras a seguir retratam a visão do sistema ATM e colocam a evolução para o AIM dentro dele. São apresentadas as três fases distintas de transição já mencionadas anteriormente, conforme introduzidas no Roteiro para a Transição de AIS para AIM (Pufahl, 2012).

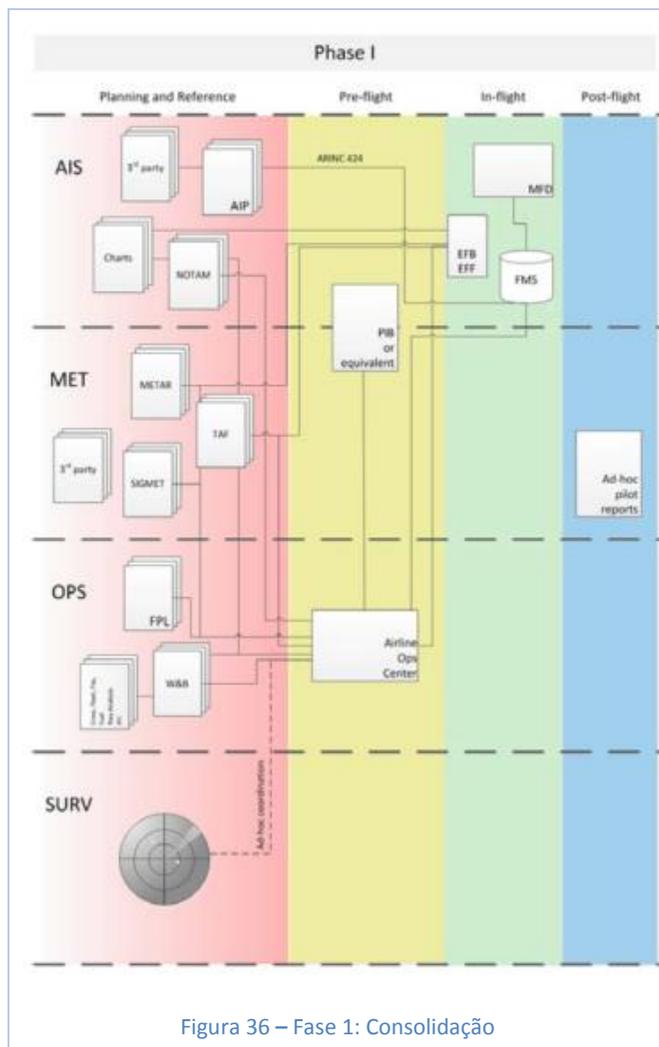
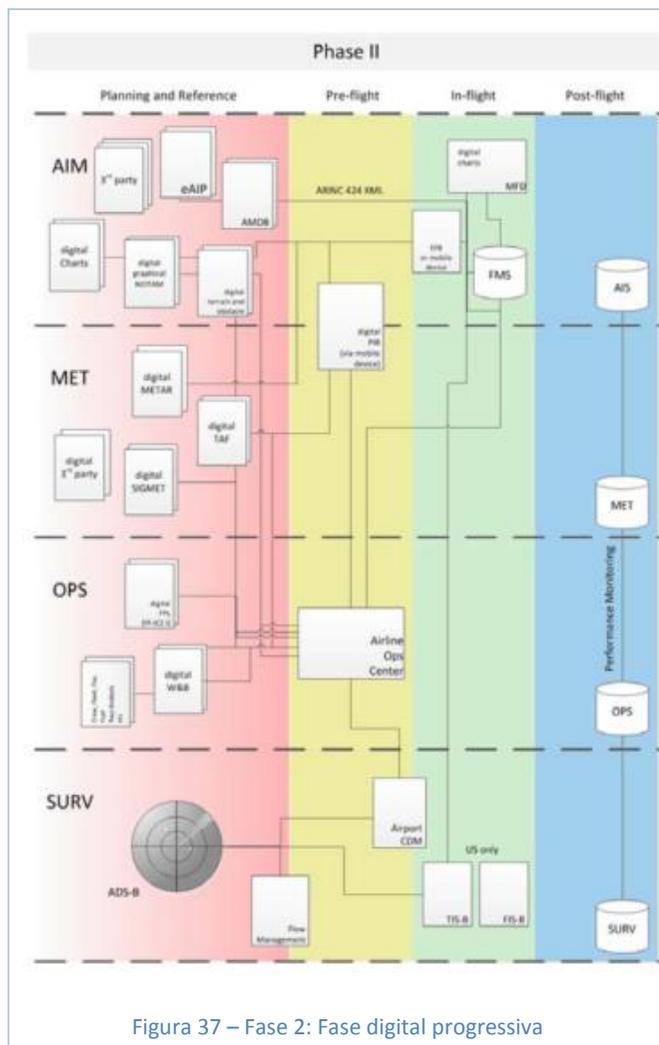


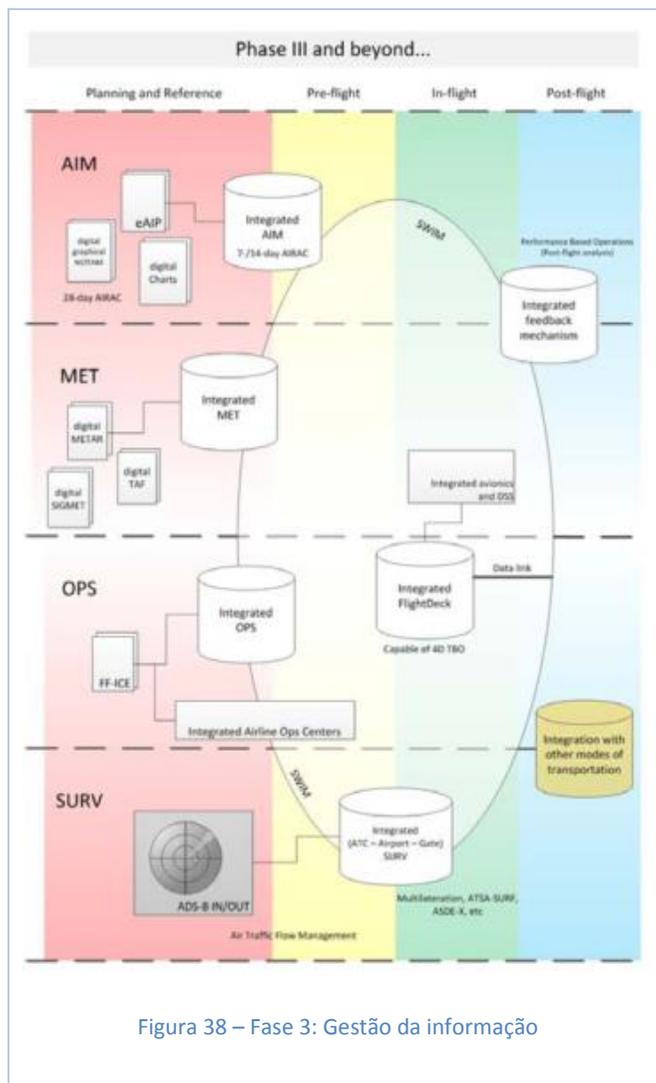
Figura 36 – Fase 1: Consolidação

Na Fase I, denominada como fase de consolidação, reconhecemos o estado atual do que é chamado de AIS. Neste domínio da informação, a AIP, NOTAM e Cartas aeronáuticas, bem como a informação aeronáutica fornecida por fornecedores terceiros são disponibilizados para os vários utilizadores, incluindo os pilotos, centros de operações de companhias aéreas, aeroportos e ANSP (Pufahl, 2012).



As fases I e II são fases preparatórias importantes da transição final para o AIM. A Fase II é o passo para se a transição digital progressiva, quando a informação é cada vez mais gerida e partilhada digitalmente. A fase II, pode ser caracterizada como a mais crítica na transição, uma vez que é fundamentalmente o AIM, em termos de disponibilidade e âmbito de informações, mas sem os benefícios de uma infraestrutura SWIM subjacente.

Essa fase deve, portanto, ser a mais curta possível e necessária para resultados de pesquisa, padrões críticos, desenvolvimento e financiamento, entre outras coisas, têm que estar em vigor para garantir um progresso constante em direção à implementação do SWIM (Pufahl, 2012).



A Fase III, a fase final na evolução para o AIM, que também é conhecida como *(System Wide) Information Management*. As Palavras-chave desta fase são integração, colaboração e autorregulação. O aspeto importante da qualidade da informação pode-se transformar num “não problema” num mundo de transparência total, representação visual da informação ao longo de seu ciclo de vida e mecanismo integrado de *feedback* para permitir a rápida resolução de qualquer informação errónea que de alguma forma entre no sistema. Pufhal (2012), defende que é provável que aconteça, porém, é que nem todos os Estados poderão participar na Fase III e vão continuar a fornecer informações em papel ou em formato digital, mas não conectadas à rede SWIM. Isso poderia abrir a porta para que outros fornecedores ofereçam o serviço de integração dessas fontes de informação na rede SWIM. Nesse cenário, as informações dos vários domínios de informação serão fornecidas como produtos de informação tradicionais, como uma eAIP ou NOTAM digital no domínio de informações do AIM, ou como parte de uma BD de informações integrada e conectada à rede SWIM. O cockpit integrado faz parte da rede SWIM, sendo conectado via *data link* de banda larga. Para todos os domínios de informações, uma variedade de aplicativos de informações de suporte será detetável e disponibilizada para todos os utilizadores autorizados na rede SWIM.

## II.4 Cadeia de dados (*Data Chain*)

Pufhal (2012) cita que a cadeia de dados aeronáutica tradicional, ilustrada na Figura 39, corresponde a “*series of interrelated links wherein each link provides a function that facilitates the origination, transmission and use of aeronautical data for a specific purpose*”<sup>45</sup>. Pode ser dividido em operações de dados *upstream*<sup>46</sup>, compreendendo os originadores de dados (*data originators*) e os *State AIS offices*, e a operação de dados *downstream*<sup>47</sup>, abrangendo dados comerciais e fornecedores de informação (*commercial providers*), bem como os utilizadores finais, tanto no ar como em terra.

As principais **áreas de preocupação dentro da cadeia de dados aeronáuticos** incluem:

- Origem não harmonizada de dados de fonte aeronáutica;
- Dependência do processamento manual e manipulação de dados e informações aeronáuticas;
- Consciência insuficiente dos requisitos de qualidade da informação das aplicações de uso final;
- Necessidade de práticas aprimoradas de validação e verificação para assegurar que os níveis de integridade para dados e informações críticos e essenciais sejam alcançados;
- Potencial falta de sincronização dos dados aeronáuticos nas BD de navegação (aéreas e terrestres) e entre estas BD (Pufahl, 2012).

Dentro dessa cadeia de dados, existem três pontos de partilha de dados distintos que definem a interface entre as várias entidades, como representado na Figura 39, do originador de dados para o *State AIS*, do *State AIS* para o fornecedores comerciais e dos fornecedores comerciais para os utilizadores finais. Pufhal (2012) refere que o uso de

---

<sup>45</sup> RTCA DO-200A / EUROCAE ED-76, *Standards for Processing Aeronautical Data*.

<sup>46</sup> Em redes de computadores, *upstream* refere-se à direção em que os dados podem ser transferidos do cliente para o servidor (upload).

<sup>47</sup> Numa rede de telecomunicações ou rede de computadores, o *downstream* refere-se a dados enviados de um fornecedor de serviços de rede para um cliente.

métodos e formatos não harmonizados ao nível das interfaces leva ao que foi denominado “atrito transacional”. De acordo com o *ICAO Manual on Air Traffic Management System Requirements*, (Doc. 9882 da ICAO), o sistema ATM deve “*support a reduction in transactional friction for transmission of information across systems*” (ICAO, 2008, pp. 2–8), implicando o uso de formatos padronizados de partilha de informações. O conceito AIM suporta o objetivo de uma cadeia de dados aeronáuticos altamente eficiente.

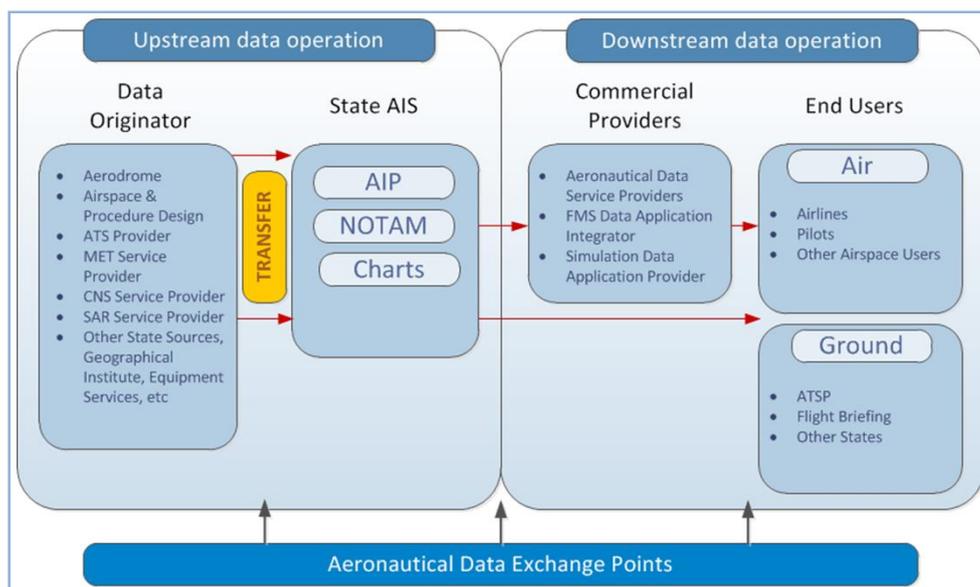


Figura 39 – A cadeia de dados aeronáutica tradicional

Fonte: (Pufahl, 2012)

Pufhal (2012) descreve a existência do conceito de uma *Single Authoritative Source* (SAS) para todos os dados e informações aeronáuticos e sistematiza na Figura 40. A intenção é ter uma única entidade responsável que agregue todos os dados aeronáuticos de uma variedade de fornecedores de dados e informações críticas operacionais e de negócio. Os fornecedores de dados de origem abrangem os técnicos que procedem ao levantamento de informação, os projetistas de procedimentos de espaço aéreo, pessoal do aeroporto, bem como os ANSP.

A entidade para atuar como SAS deve estar ao nível de Estado (ou regional), na maioria dos casos, ser uma *State’s Civil Aviation Authority* (CAA) do Estado. Em Portugal a entidade que cumpre esse serviço é a ANAC (I.7.1). Em ambos os casos, o estabelecimento de *Service Level Agreements* (SLA) apropriados é muito importante para atribuir claramente funções e responsabilidades. Em última análise, no entanto, é

a SAS a responsável pela prestação de informações aeronáuticas oportunas e de qualidade garantida. Em raras circunstâncias, no entanto, uma situação difícil surge quando a própria SAS não pode resolver uma questão como a determinação de uma fronteira estatal no caso de uma disputa de fronteira entre estados vizinhos. Em tal situação, é a autoridade regional que deverá resolver o problema (Pufahl, 2012).

Pufhal (2012) chama a atenção para que neste contexto, se torne útil diferenciar entre autenticação e autorização. **Autenticação** aqui significa garantir que as fontes de dados a integrar o AIM sejam legítimas, ou seja, pesquisar em *upstream*, enquanto **autorização** significa garantir que os utilizadores finais de informações do AIM sejam legítimos, ou seja, pesquem em *downstream*.

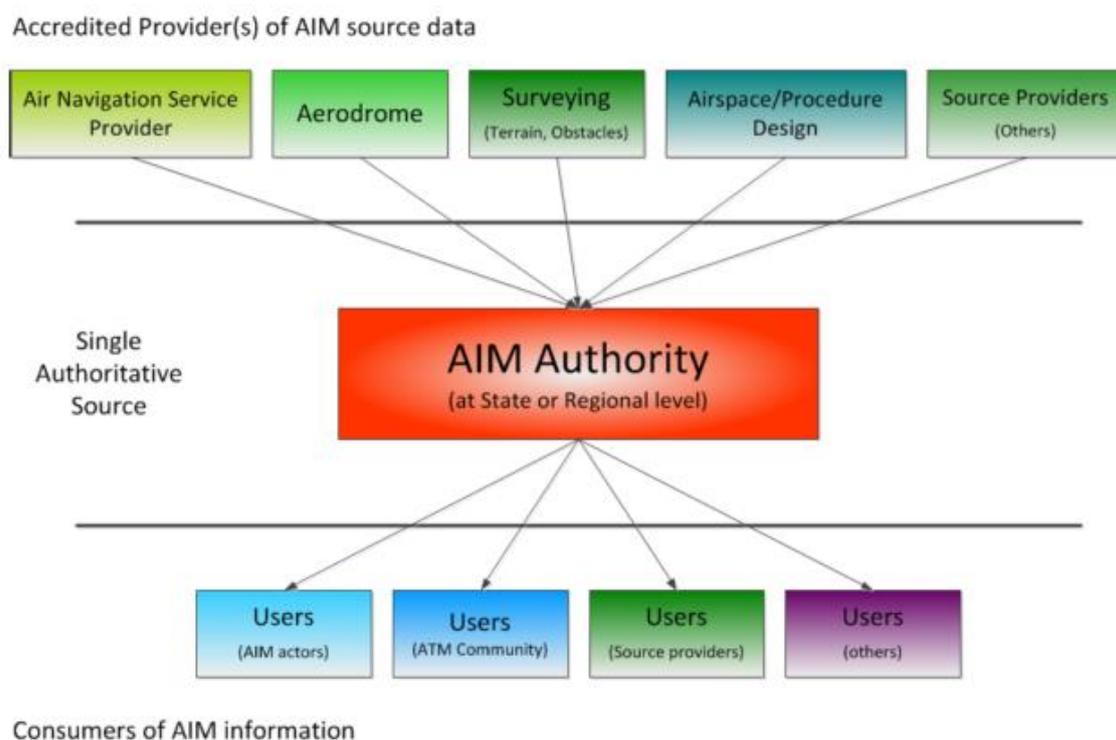


Figura 40 – A intenção da Single Authoritative Source (SAS)

Fonte: (Pufahl, 2012)

## II.5 System Wide Information Management (SWIM)

O conceito SWIM, já mencionado nos pontos anteriores, “consists of standards, infrastructure and governance enabling the management of ATM related information and its exchange between qualified parties via interoperable services” (ICAO, 2015, p. xvi), cobrindo uma mudança completa de paradigma, de como a informação é gerida ao

longo de seu ciclo de vida completo e em todo o sistema ATM de toda a Europa. A implementação do conceito SWIM permitirá benefícios diretos na área de negócios ATM, assegurando o fornecimento de informações de qualidade às pessoas certas no momento certo. Dada a natureza transversal do SWIM, que passa por todos os sistemas ATM, domínios de dados, e as fases da trajetória de negócio (planeamento, execução, pós-execução) e dos muitos intervenientes interessados na ATM, não se espera que uma solução, e certamente uma única tecnologia, servirão a todos da mesma forma. No entanto, reconhece-se que a interoperabilidade global e padronização são essenciais e o SWIM é esperado para ser um importante impulsionador para novos e atualizados padrões (Prazeres & Julião, 2015a).

O SWIM permitirá complementar a comunicação “homem para homem” com a “máquina para máquina” e aperfeiçoará a distribuição de dados e a acessibilidade em termos de qualidade dos dados partilhados. No entanto, a flexibilidade através da qual a inteligência humana e a comunicação oral, pela sua própria natureza, podem adaptar-se a nuances situacionais de comunicação e operações, tem que ser projetada em sistemas de *Information Technology* (IT). Assim, os sistemas de TI precisarão cada vez mais “ask for/discover” factos relevantes em termos operacionais, dependendo das circunstâncias, em vez de permanecer “being informed” por mensagens pré-acordadas (ICAO, 2015).

Este projeto é da responsabilidade do *Single European Sky ATM Research* (SESAR), na sequência da ambiciosa iniciativa da União Europeia, que desde 2004, se propõe reformar e modernizar a arquitetura atual da gestão do tráfego aéreo na Europa, como já foi referido nesta tese. Sugere assim, uma abordagem legislativa para atender à futura capacidade e necessidades de segurança, mais a nível europeu do que a nível local. Esta iniciativa permitirá o desenho do futuro Sistema de Gestão do Tráfego Aéreo Europeu, sistema este, que se espera ser integrado e distribuído, interoperável, baseado numa única arquitetura com *standards* comuns, como são exemplos a *International Organization for Standardization* (ISO), *Open Geospatial Consortium* (OGC), Eurocontrol, *International Civil Aviation Organization* (ICAO), *European Organisation for Civil Aviation Equipment* (EUROCAE) (Prazeres & Julião, 2015a).

No manual do SWIM (Doc. 10039 – ICAO, 2015), são descritas as limitações principais fundamentando a necessidade do SWIM face ao modelo atual de partilha de informação, que atua como uma restrição à implementação prospectiva de futuras melhorias operacionais que aumentam o desempenho. Essas limitações são:

- a) Os sistemas não foram projetados e implementados para serem globalmente interoperáveis dentro dos parâmetros acordados globalmente;
- b) Muitos interfaces, que foram projetados para suportar trocas ponto-a-ponto ou aplicativo-a-aplicativo, têm flexibilidade limitada para acomodar novos utilizadores, sistemas adicionais, novos conteúdos ou formatos alterados;
- c) Limitações de tamanho de mensagem e uma abordagem não escalável para partilha de informação com a infraestrutura atual;
- d) A infraestrutura atual pode tornar difícil e dispendioso para uma parte interessada aceder, em tempo útil a informações que tenham origem noutra parte interessada;
- e) A atual variedade de sistemas e modelos de partilha torna desafiador o estabelecimento de estruturas de segurança entre sistemas e partes interessadas, de modo a apoiar a crescente necessidade de partilha de dados abertos e de forma atempada, respeitando, ao mesmo tempo, as legítimas preocupações de segurança de todas as partes interessadas; e
- f) Atualmente, a maioria das organizações procede à gestão das suas informações de ATM em isolamento parcial, levando a duplicação e inconsistências.

#### *II.5.1 Benefícios do SWIM*

O SWIM contribuirá para alcançar os seguintes benefícios:

- a) melhor tomada de decisão por todas as partes interessadas durante todas as fases estratégicas e táticas do voo (antes do voo, em voo e pós-voo) através de:
  - ii) melhoria da consciência situacional compartilhada;
  - iii) melhor disponibilidade de dados e informações de qualidade de fontes autorizadas;
- b) aumento do desempenho do sistema;
- c) comunicações mais flexíveis e rentáveis através da aplicação de standards comuns para partilha de informação;

- d) fraco acoplamento, que minimiza o impacto das mudanças entre os originadores de informação e os consumidores; e
- e) suporte de *ATM Service Delivery Management (SDM)* (ICAO, 2015).

### II.5.2 Os níveis do SWIM

Este ponto apresenta os cinco níveis do *SWIM Global Interoperability Framework* para descrever como se processa a partilha de informação via SWIM. A estrutura é baseada em várias descrições complementares do SWIM que foram criadas pelas partes interessadas. Os níveis explicam as funções, a combinação de padrões representativos e os mecanismos de interoperabilidade. Esta descrição atual do *SWIM Global Interoperability Framework* concentra-se nos elementos técnicos do segmento SWIM e é consistente com as soluções do sector aeronáutico que estão em desenvolvimento (ICAO, 2015).

A *Global Interoperability Framework* (Figura 41) compreende os seguintes níveis:

- ***SWIM-enabled Applications*** dos fornecedores e consumidores de informação em todo o mundo. Indivíduos e organizações, como gestores de tráfego aéreo e utilizadores do espaço aéreo, vão interagir por meio de aplicativos que comunicam através do SWIM, como por exemplo os *Air Traffic Services (ATS)*, *Air Traffic Flow Management (ATFM)*, *Airline Ops*<sup>48</sup>;
- ***Information Exchange Services*** definidos para cada domínio de informação de ATM e para fins de domínio cruzado, quando oportuno, seguindo as especificações de governança e acordadas pelas partes interessadas do SWIM. Aplicativos habilitados para SWIM utilizarão serviços de partilha de informação para interação, como por exemplo: *Open Geospatial Consortium Catalog Service for the Web (OGC CS-W)*, *Web Services Description Language (WSDL)*, *Web Application Description Language (WADL)*, *Web Feature Services (WFS)*, *Web Map Services (WMS)*, *Web Coverages Services (WCS)*, explorados no ponto III;
- ***Information Exchange Models*** usando padrões específicos para a partilha de informação para os *Information Exchange Services* acima mencionados. Os modelos

---

<sup>48</sup> Airline Operations.

de partilha de informação definem a sintaxe e a semântica dos dados partilhados pelos aplicativos, como é o exemplo do AIXM desenvolvido no ponto II.2.6;

- **SWIM Infrastructure** para partilha de informação. Fornece os principais serviços, como gestão de interface, mensagens de *request-reply* e *publish-subscribe*, segurança de serviços e gestão de serviços organizacionais; e
- **Network Connectivity** fornece serviços de telecomunicações consolidados, incluindo hardware. Esta infra-estrutura é uma coleção das infraestruturas de rede interconectadas das diferentes partes interessadas. Estas serão redes IP (Internet Protocol) privadas/públicas (ICAO, 2015).

Os níveis descritos nas alíneas a), b) e c), assinalados na Figura 41 fazem parte do modelo concetual proposto nesta tese, no estudo de caso da NAV Portugal.

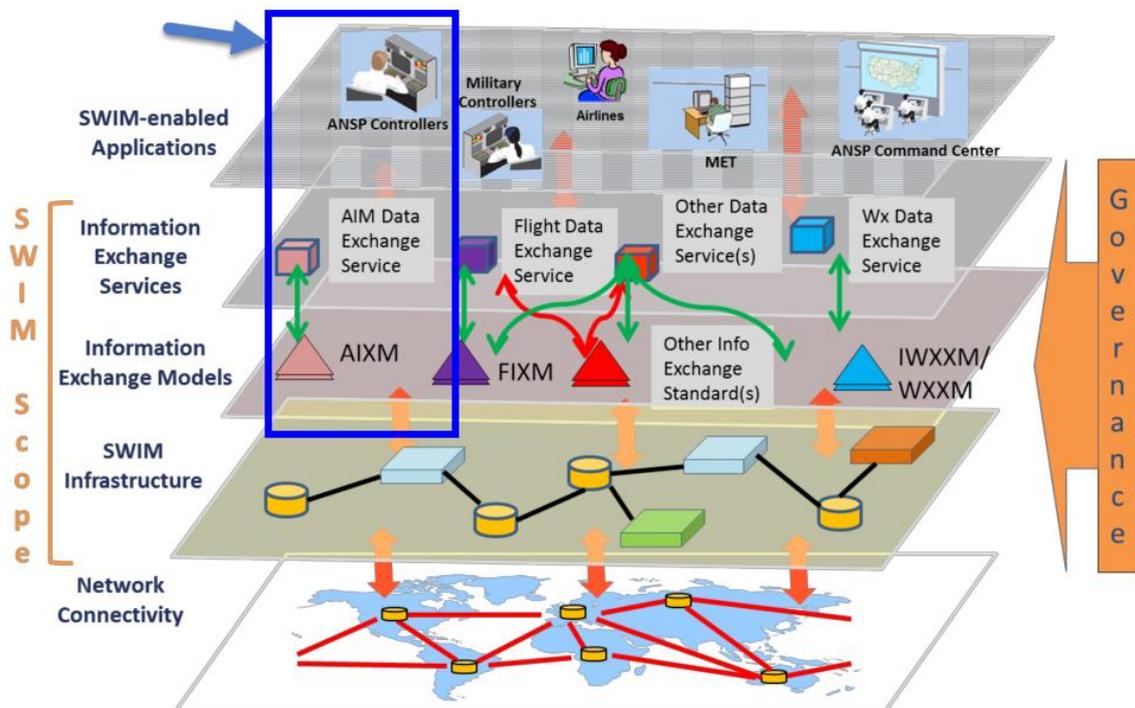


Figura 41 – Estrutura de Interoperabilidade Global do SWIM

Fonte: Adaptado do Manual SWIM, Doc 10039 da ICAO, 2015

### III. Os Sistemas de Informação Geográfica para a Aeronáutica (SIG-A) e as *Spatial Data Infrastructure* (SDI)

#### III.1 Origem, Evolução e Conceitos dos Sistemas de Informação Geográfica

##### III.1.1 Origem e Evolução dos SIG

Desde os tempos mais primórdios que existe a necessidade de representar graficamente o território, sendo a primeira representação cartográfica de 3800 a.C. numa placa de argila onde aparecia desenhado montanhas, cursos de água e outros elementos (Matos, 2001).

Esta necessidade de representação do território tem vindo a acentuar-se ao longo dos tempos. Um maior interesse pelo território e das suas interações com as atividades humanas, bem como um desenvolvimento tecnológico acentuado, fez com que a tecnologia SIG emergisse.

Desde os anos 30 que se utiliza a sobreposição de cartas, uma das funções mais comuns nos atuais SIG como método básico de análise em alguns estudos. Contudo, as primeiras referências a sistemas de informação geográfica computadorizada remontam ao início da década de 60.

O responsável pelo cunho do termo SIG foi Roger Tomlinson, que na década de 60 ajudou a criar, para o governo Canadiano, a *Regional Planning Information System Division*, com o fim de construir um inventário completo das aptidões do solo no território nacional (Claval, 1976 in Morgado, 2010, p. 88). Posteriormente foi constituído o primeiro SIG de dimensão nacional: *The Canada Geographic Information System* (Morgado, 2010).

“O que estava originalmente na cabeça de Tomlinson e daqueles que o ajudaram, era sobretudo uma preocupação com a gestão e o tratamento de dados de forma a criarem informação, e a partir dele produzir mais e novo conhecimento sobre o território. Para eles, a solução passava impreterivelmente pelo uso da tecnologia mais avançada, e que à data eram os computadores que tinham substituído os tubos de *vacuum* pelos transístores, e assim ganho maior velocidade de processamento, mais

memória e menor custo. O objetivo foi conseguido, independentemente das vicissitudes inerentes a um processo inovador, de cariz multidisciplinar e metodologicamente integrador. Mas o que realmente ficou para a história foi a criação do termo SIG” (Morgado, 2010, p. 92).

Também importa referir como marco importante para os SIG o *The Atlas to Accompany the Second Report of the Irish Railway Commissioners*, publicado em 1838, que propunha já uma metodologia que constitui os fundamentos dos SIG: a referenciação espacial e a sobreposição de mapas temáticos (Morgado, 2010, p. 92).

Na Universidade de Washington, William Garrison e Edgar Horwood desenvolvem, em conjunto com um grupo de alunos, entre 1955 e 1965, os conceitos associados aos SIG (Prazeres, 2008, p.7).

A equipa de Howard Fisher começa por desenvolver no *Northwestern's Technology Institute*, juntamente com Garrison, Morrill e Marble, um projeto que justificou o financiamento por parte da Fundação Ford e da Universidade de Harvard, tendo-se criado o *Harvard Laboratory*. É nesta instituição que se vem a criar o SYMAP (*Synagraphic Mapping System*). O SYMAP em meados dos anos 70 tinha entre 300 a 500 cópias distribuídas por várias instituições, entre as quais se encontrava o Gabinete da Área de Sines, a primeira instituição que em Portugal utilizou este tipo de sistemas. O Harvard Laboratory tornou-se rapidamente uma referência na área dos SIG, atraindo diversos investigadores que hoje assumem posições de destaque nesta área como por exemplo Jack Dangermond<sup>49</sup> (Prazeres, 2008, p.10).

Longley *et al.*, (2005 in Caeiro, 2013, p. 6) distingue três fases ligadas à história dos SIG que se dão em simultâneo nos Estados Unidos da América, Canadá e Europa (Figura 42):

- Fase da Inovação (década de 50 a 70) – desenvolvimento da cartografia automática e lançamento do primeiro SIG, o *Canada Geographic Information System - CGIS*.

---

<sup>49</sup> Empresário bilionário americano e cientista ambiental. Em 1969, co-fundou com sua esposa Laura o *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), uma empresa privada de software de sistemas de informação geográfica (SIG).

- Fase de Comercialização (década de 80 a 90) – comercialização do SIG nos seus diferentes softwares (por exemplo o ArcInfo da ESRI).
- Fase de Exploração (início do século XXI) – altura em que aumenta exponencialmente o número de utilizadores de SIG. Deu-se o lançamento da diretiva europeia INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe – INSPIRE e ocorreu a difusão de motores de busca de mapas como o Google Earth.

FASE DE INOVAÇÃO – DÉCADAS DE 50 A 70			
GERAL	INVESTIGAÇÃO/ENSINO	INDÚSTRIA	TECNOLOGIA
1957 – Primeiro Produto de Cartografia Automática 1963–Edgar Horwood CRIA a URISA 1969 – Lançamento do SYMAP 1971- CGIS entra em operação	Década de 50-60– Univ. Wash "Geografia Quantitativa" 1964– Harvard Lab 1967- Criação do ECU (UK) 1969– Publi. <i>Design with Nature</i> 1974– Conferência AutoCarto1 1977– topol. data structures conf. Anos 70– Primeiros programas de mestrado	1963- Início do CGIS (R. Tomlison) 1967– DIME 1968 – LINMAP 1969– ESRI Inc 1969– Intergraph Corp 1969 - GRID 1973- Software vectorial GIMMS 1978- ERDAS 1978- IMGRID	Anos 50- Desenvolvimento da Cartografia Automática 1954 - Cartas meteorológicas do Instituto de Meteorologia de Estocolmo 1960 –TIROS-1 Anos 60– Mesa digitalizadora (free cursor) 1972– Lançamento Landsat1 Anos 70 –inkjet raster plotter de grande formato 1978- Minicomputadores
FASE DE COMERCIALIZAÇÃO – DÉCADAS DE 80 E 90			
GERAL	INVESTIGAÇÃO/ENSINO	INDÚSTRIA	TECNOLOGIA
1988– NCGIA 1991-UCGIS 1992– Digital Chart of the Worl 1993- Início do programa GISDATA 1993- Criada a EUROGI 1994– EO 12906 1994– OpenGIS Consortium 1998- criado o AGILE	1984– <i>Basic Readings in GIS</i> 1986– <i>Principles of GIS for Land Resources Assessment</i> 1987– <i>Int.J.GIS</i> 1988– <i>GISWorld</i> 1991– <i>Big Book of GIS</i> 1997– <i>Handling Geographic Info</i> 1999– GIS Day 1999 - <i>Big Book of GIS 2<sup>nd</sup> Ed.</i>	1981– ArcInfo 1986– MapInfo Corp 1996– Mapquest 1998- TerraServer	1985– GPS 1988– TIGER 1996– Internet GIS 1996- Lançamento do 'Advanced Earth Observation Satellite' 1999- IKONOS
FASE DE EXPLORAÇÃO – SÉCULO XXI			
GERAL	INVESTIGAÇÃO/ENSINO	INDÚSTRIA	TECNOLOGIA
2000– 1 milhão de utilizadores SIG 2001- Início do programa GINIE 2002- Iniciativa INSPIRE 2002- Lançamento online do National Atlas of the United States 2004 Criação da NGA National Geospatial - Intelligence Agency	Número de Instituições de Ensino superior c/ oferta SIG (Berlusconi, 2003): EUA- 227 Canadá-53 Reino Unido-28 Austrália-21 Japão - 15 Brasil-11 China - 11	2000– A GIS ultrapassa os 7 biliões de US\$ Google Earth e Google Maps MSN Virtual Earth Yahoo! Maps ArcWeb GlobeXplorer TeleAtlas (...)	

Figura 42 – Principais acontecimentos associados às várias fases

Fonte: Caeiro, 2013

De acordo com Prazeres (2008 p. 7) os fatores que enquadram o aparecimento e o desenvolvimento dos SIG podem-se resumir aos seguintes aspetos:

- **A crescente complexidade da sociedade** – A concentração populacional, o aumento da mobilidade e a evolução das tecnologias da informação, contribuíram para o aumento da interdependência e das relações sociais, económicas e políticas ao nível global. Este processo conduziu ao aumento do nível de complexidade da sociedade.
- **A necessidade de avaliar e prever as consequências das diferentes decisões** – Foi com a crise petrolífera dos anos 70 e o agudizar dos problemas sociais e ecológicos, que se tornou imprescindível a avaliação cautelosa, por partes dos gestores/decisores, das ações que se propunham empreender. Esta avaliação é sobretudo importante para as ações que apresentam maior incidência sobre o território.
- **A disponibilidade de informação** – A maioria das organizações iniciou processos de recolha e produção de informação de forma sistemática. Informação não só estatística (alfanumérica), mas também de índole gráfica (cartografia) e, mais tarde, de sensores radiométricos (imagem de satélite). Desta forma foi possível dispor de informação em maior quantidade, de melhor qualidade e mais diversificada.
- **O progresso dos instrumentos de análise** – O desenvolvimento dos métodos quantitativos e da análise estatística verificado nos anos 60 e 70 permitiu aumentar, consideravelmente, a capacidade de recolha e análise da informação garantindo, simultaneamente, um maior rigor tanto da informação recolhida como da análise da mesma.
- **O desenvolvimento dos sistemas informáticos** – Face ao conjunto de dados existentes e às solicitações da sociedade, o único bloqueio à compreensão global, verificava-se no campo tecnológico. Todavia, nos últimos anos a rápida evolução dos sistemas informáticos em termos de aumento de capacidade e redução dos preços tem possibilitado o desenvolvimento dos SIG.

Em Portugal, a origem dos SIG data o início da década de 70 com os primeiros sistemas a serem utilizados pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, no Gabinete de área de Sines e na Empresa geral de Fomento, no âmbito de atividades de planeamento e investigação das Universidades (Caeiro, 2013).

Em 1986 foi criada a Junta Nacional de Investigação Científica que ajudou na disseminação dos SIG em Portugal (Caeiro, 2013).

No entanto, o ponto fulcral dos SIG em Portugal foi a criação do Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG) (Figura 43), e o seu processo de estabelecimento remonta a 1986, “data em que o Secretário de Estado de Investigação Científica assinou o Despacho 2/SEIC/86 que visava a constituição de um Grupo de Trabalho cuja missão consistia em estudar a criação de uma infraestrutura nacional de informação geográfica e propor, ao Secretário de Estado, as ações necessárias à sua concretização.” (Direção-Geral do Território, 2017a).



Figura 43 – Evolução do SNIG

Fonte: Direção-Geral do Território, 2017a

Como resultado dos estudos e atividades desenvolvidas, pelo referido Grupo de Trabalho, foi criado o SNIG, através do Decreto-Lei n.º 53/90, de 13 de fevereiro. Este diploma instituiu também o Centro Nacional de Informação Geográfica (CNIG) como instituição responsável pela coordenação e dinamização do SNIG.

O SNIG foi concebido como uma rede distribuída que liga entre si os principais produtores nacionais, regionais e locais de informação cartográfica e alfanumérica. Através de um protocolo estabelecido com as principais autoridades públicas produtoras, o SNIG foi a primeira Infraestrutura de Informação Geográfica (IIG) europeia a ser disponibilizada na Internet, tendo passado a estar à disposição de todos os utilizadores através da Internet em maio de 1995 (Direção-Geral do Território, 2017a).

Desta forma o SNIG constitui uma Infraestrutura Nacional de Informação Geográfica que permite o registo e a pesquisa de dados e de serviços de dados geográficos produzidos por entidades públicas e privadas em Portugal. O geoportal do SNIG, cuja coordenação é da responsabilidade da Direção-Geral do Território (DGT), permite pesquisar, explorar e visualizar os dados geográficos através de serviços de dados geográficos *OGC (Open Geospatial Consortium)* (Direção-Geral do Território, 2018).

Constitui ainda um espaço de contacto para dinamizar, articular, organizar atividades e divulgar informação, documentação, ações de formação e outras atividades relacionadas com a Informação Geográfica, a Diretiva INSPIRE e o SNIG, representando um alicerce primordial na implementação da Diretiva INSPIRE em Portugal. Em 2006 iniciou-se uma nova fase do SNIG com um modelo conceptual em conformidade com os princípios normativos preconizados pela Diretiva INSPIRE (Direção-Geral do Território, 2018).

Em 2014 o Governo Português promoveu a criação da iniciativa iGEO, um portal de Internet que visa impulsionar a utilização de dados geográficos abertos e que funciona de modo complementar com a infraestrutura SNIG. O iGEO apenas disponibiliza os dados geográficos gratuitos do SNIG para a Administração Pública e Academia (Direção-Geral do Território, 2018).

No início de 2015 a Direção-Geral do Território iniciou uma nova abordagem em termos de SNIG e INSPIRE com o objetivo de criar uma visão estratégica/plano de ação denominado SNIG2020. Este plano pretende não só dar resposta às exigências e boas práticas da Diretiva INSPIRE como ir ao encontro das expectativas da Administração Pública, empresas e cidadãos para a IIG nacional, nomeadamente no que respeita a uma política de dados que facilite e promova a disponibilização de informação geográfica no SNIG e à dinamização das IIG temáticas, regionais e locais (Direção-Geral do Território, 2018).

Em Portugal existem outras plataformas que utilizam funcionalidades de SIG, como por exemplo o Sistema Nacional de Informação Territorial (SNIT). Também sob domínio da Direção-Geral do Território, presta um serviço público de informação sobre o território nacional e o estado do seu ordenamento e serve finalidades de

acompanhamento e avaliação da política de ordenamento do território e do urbanismo (Direção-Geral do Território, 2016).

O SNIT entrou em funcionamento em 2008 e é suportado por tecnologias de SIG e de Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE), segue a Diretiva INSPIRE e as normas nacionais e internacionais (Direção-Geral do Território, 2016).

É possível concluir, como refere Julião (2001), que os SIG nos primeiros 40 anos de história, se afirmaram definitivamente como ferramentas chave nos processos de tomada de decisão, sobretudo em questões relacionadas com gestão territorial, devido às suas elevadas potencialidades de análise.

Nos últimos anos, têm-se verificado uma evolução dos SIG a nível tecnológico/metodológico (Figura 44). No plano tecnológico verificaram-se avanços a nível de *hardware* (com a confirmação e reafirmação da Lei de Moore<sup>50</sup> extensível também aos periféricos) e o desenvolvimento de equipamentos específicos (GPS, Satélites com sensores de alta resolução geométrica e espectral). No plano metodológico o (re) surgimento de novos modelos e estruturas para operar (Autómatos celulares, Redes Neurais, *Fuzzy Sets*, *Data mining*, ...) e aceder/visualizar (Realidade Virtual, WWW,...) informação geográfica (Julião, 2001).

---

<sup>50</sup> Até meados de 1965 não havia nenhuma previsão real sobre o futuro do *hardware* quando Gordon E. Moore, fez sua profecia, na qual o número de transístores dos chips teria um aumento de 100%, pelo mesmo custo, a cada período de 18 meses. Essa profecia tornou-se realidade e ganhou o nome de Lei de Moore.

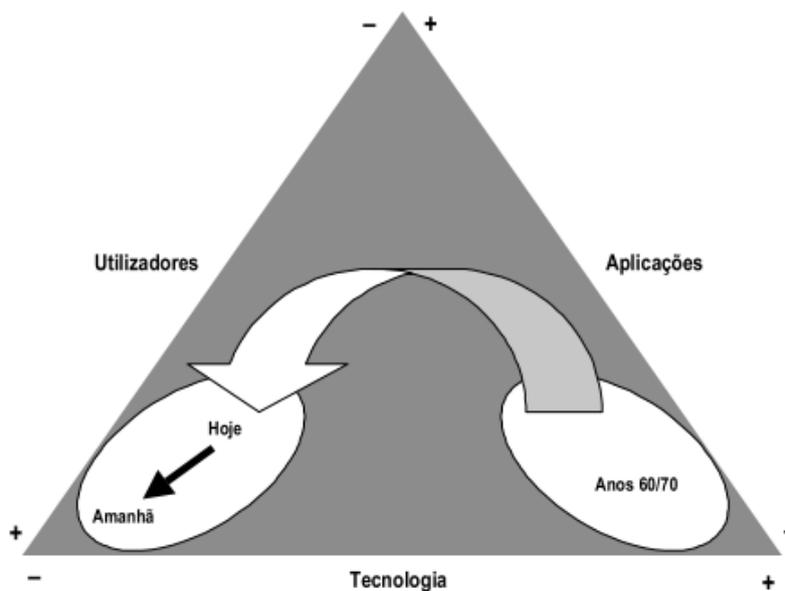


Figura 44 – Evolução recente dos SIG: utilizadores, aplicações e tecnologia

Fonte: Julião, 2001

### III.1.2 O que se entende por SIG

O termo SIG possui múltiplas definições que “refletem bem o ruído que existe em torno do conceito e a dificuldade em estabelecer-se um consenso acerca de uma definição, que uniformize e permaneça (Maguire, 1991 *in* Morgado, 2010, p. 101).

Para além das variadas definições, que se referem de seguida, ainda existem autores que utilizam diferentes termos, como por exemplo, *Land Information System* (LIS), *Urban Information System* (URIS), *Environment Information System* (ERIS) e *Cadastral Information System* (CAIS), o que contribui ainda mais para a dificuldade de arranjar uma definição global.

A definição inglesa para SIG do relatório do Comité Britânico sobre o tratamento de informação geográfica (Comité presidido por Lord Chorley em 1987) é a seguinte:

*“A system for capturing, storing, checking, integrating, manipulating, analysing and displaying data which one spatially referenced to the Earth. This is normally considered to involve a spatially referenced computer database and appropriate applications software”* (Stefanovic et al, 1989, p.452).

Já a definição Americana, publicada no *Federal Interagency Coordinating Committee on Digital Cartography* (1988, p. 3):

*“GIS is a computer system designed to allow users to collect, manage, and analyze large volumes of spatially referenced and associated attribute data. GIS’s are used for solving complex research, planning, and management problems”.*

Em Portugal, o Centro Nacional de Informação Geográfica (CNIG, 1990 in Morgado 2010, p. 102) definiu SIG como:

“Um SIG é um conjunto de programas residentes num computador, que permite introduzir, aceder, manipular e visualizar informação georreferenciada”.

Julião (2001, p. 3) afirma que:

“O propósito fundamental dos SIG é o de possibilitar uma análise das situações, tendo em consideração a interação espacial e temporal inerente à esmagadora maioria dos fenómenos de base territorial. Uma das grandes potencialidades dos SIG consiste na sua capacidade de integrar (quase) toda a informação existente relativa a uma determinada localização”.

Prazeres (2008, p. 5) considera os SIG “como uma das mais elaboradas e potentes ferramentas para análise do território que integra um conjunto de informação de âmbito estatístico, administrativo e político, conjugada com informação gráfica que apresenta os diferentes elementos constitutivos do território”.

De acordo com Caeiro (2013, p. 4) os SIG podem-se definir como:

“Um sistema composto por *hardware*, *software* e um ambiente institucional que permitem capturar, armazenar, verificar integrar, sobrepor, manipular, analisar e visualizar dados referenciados geograficamente, funcionando como uma ferramenta de apoio à resolução de problemas geográficos. Envolve uma base de dados espacialmente referenciada e um *software* próprio.”

Embora existam milhares de definições todas elas têm como denominador comum o facto de um SIG ser um sistema; um sistema composto por um conjunto de técnicas, de métodos, de *hardware* e *software* que incorpora a estruturação, o armazenamento e o “manuseamento e gestão digital” de informação geográfica referente e referenciada (informação georreferenciada), no mínimo, a um ponto, a uma linha, a uma superfície ou a um volume.

Para alguns utilizadores SIG só significa o *software* utilizado para armazenar, tratar e analisar dados georreferenciados. Para outros, a designação em si, permite a inclusão do *hardware* utilizado pelo sistema. Alguns autores, chegam mesmo a incluir todo o processo de produção e disponibilização de dados sobre o território, desde a sua organização até à sua representação.

Depois de analisadas as definições, por SIG entende-se como sendo um conjunto de *hardware*, de *software* e de dados que permitem a uma pessoa (indivíduo ou instituição) a gestão dessa mesma informação de base geográfica.

Um sistema SIG deve conter:

- Entrada de dados;
- Representação;
- Armazenamento e pesquisa de dados;
- Gestão, transformação e análise de dados;
- Saída de dados, produção de relatórios, gráficos e estatísticas. (Caeiro, 2013, p.4)

São pontos fortes dos SIG, a versatilidade de integração de diferentes formatos de imagem e vetor dos principais produtores e a facilidade de construção do modelo vetorial, ligado à partilha a atributos extensíveis e a modelos de dados flexíveis (Caeiro, 2013, p. 36).

#### III.1.2.1 Componentes dos SIG

Os SIG costumam ser abordados de três perspetivas distintas:

- **Perspetiva cartográfica** – o SIG é entendido como um sistema de processamento, visualização e produção cartográfica (a informação é representada por um mapa, camada ou tema cartográfico);
- **Perspetiva de Base de Dados** – em que um sistema de gestão de bases de dados assume o papel determinante no SIG (possibilidade de realização de inquirições e operações analíticas simples);

- **Perspetiva de análise espacial** – em que a componente de análise e de modelação assume particular evidência (possibilidade de, a partir da informação disponível, proceder à sua análise e gerar modelos espaciais).

De acordo com Julião (2001, p. 96), vide Figura 45, os SIG são constituídos por quatro componentes:

- Um conjunto de técnicos responsáveis pelo manuseamento e desenvolvimento das potencialidades dos SIG (*Liveware*);
- A informação alfanumérica e cartográfica (*Dataware*);
- Os computadores e os periféricos (*Hardware*);
- Os programas para a manipulação dos dados (*Software*).



Figura 45 – Componentes do SIG

Fonte: Julião, 2001

De acordo com Julião (2001) **cada uma destas componentes desempenha um papel fundamental e sem a conjugação das suas atuações, bem como sem o suporte institucional adequado, não haverá sucesso na implementação do SIG.**

O SIG possui um vocabulário próprio que deve ser tomado em consideração de acordo com Matos (2001, p. 40):

- **Objeto** - representação física de uma entidade (fenómeno espacial ou não);
- Característica (*feature*) - conjunto da entidade e do objeto;
- **Tipo de objeto** - forma de representação espacial dependente do modelo concetual utilizado (e.g. linha, ponto, polígono, pixel);
- **Elemento gráfico** - componente gráfica da construção do objeto; Camada (*layer*) ou tema ou cobertura - separação lógica de informação cartográfica de acordo com o tema (e.g. estradas, cidades, uso do solo, ...);

- **Carta ou mapa** - conteúdo geométrico e propriedades gráficas de uma representação geográfica com estrutura de desenho ou destinada à visualização.

### III.1.2.2 Funções dos SIG

Os SIG são constituídos por um conjunto de programas especializados que associados a BD alfanuméricas e cartográficas, permitem o acesso a diferentes funções. Os SIG armazenam informação acerca da localização, da topologia e dos atributos de objetos referenciados espacialmente, além disso, efetua também a análise de propriedades espaciais dos objetos geográficos, área, perímetro e comprimentos. Possibilitam a realização de inquirições à base de dados ligadas a objetos referenciados espacialmente, além de funções de análise espacial.

Um SIG deverá ter capacidade de (Prazeres, 2010, p. 14):

- **Aquisição e carregamento de informação**, com base na capacidade do software e do hardware. Deverá permitir a transferência de ficheiros de outras aplicações, (ARC/INFO, INTERGRAPH, MICROSTATION, AUTOCAD, ASCII). Os dados podem ser adquiridos de forma direta (dados primários), levantamento de campo, GPS, sistemas de deteção remota, ou indireta (dados secundários) e digitalização de mapas, por exemplo;
- **Tratamento e validação da informação** – o que inclui a remoção de erros e a verificação da consistência dos dados. O SIG deverá possuir uma ferramenta que permita a edição e a validação dos dados, (ex. polígonos abertos nos SIG vetoriais);
- **Transformação dos dados** – o que inclui diversos tipos de manipulação dos dados que vão desde as operações de modificação de estrutura (rasterização e vetorização), de generalização (suavização e agregação de unidades; média dos pixéis) e de transformação geométrica dos dados (alteração de escala, rotação, translação, alteração de projeções geográficas);
- **Inquirição e análise** – o que permite diferenciar os SIG dos outros sistemas de informação automáticos. A capacidade de analisar padrões e relações geográficas, constituiu um dos aspetos fundamentais dos SIG. As funções de

inquirição permitem, fundamentalmente, detetar, identificar e caracterizar comportamentos que apresentam uma determinada localização no espaço.

As ferramentas informáticas existentes permitem a realização de um elevado número de operações de análise espacial que podem ser agrupadas em quatro categorias funcionais (CNIG, 1993):

- Funções de acesso/pesquisa, classificação e medição;
- Funções de sobreposição de mapas (*overlay*);
- Funções de análise de vizinhança;
- Funções de análise de conectividade.

### III.1.2.3 A Informação Geográfica utilizada nos SIG

Quando a informação é recolhida, geralmente esta encontra-se desordenada, pelo que é necessário organizá-la tendo em consideração a interpretação visual e a definição de relações entre eles, o que define o modelo de dados geográficos. Para a informação recolhida ser considerada geográfica é necessário que reúna três condições essenciais, referenciação geográfica, atributos e relações topológicas entre os elementos:

- Referenciação geográfica ou georreferenciação – os dados devem estar inseridos no espaço mediante um sistema de coordenadas referido a um sistema de projeção cartográfica.

“Na base dos SIG está a sobreposição entre diferentes informações geográficas de forma a permitir o processamento, visualização e análise dos dados de natureza espacial. Este tratamento só é possível se os dados geográficos estiverem projetados no mesmo sistema de coordenadas” (Caeiro, 2013, p. 28).

A representação plana de fenómenos distribuídos sobre a superfície terrestre requer a projeção cartográfica do elipsóide sólido que resulta da rotação de uma elipse, a terra, em torno de um dos seus eixos, num plano. A essa projeção associa-se um sistema de coordenadas cartesianas bidimensional (Matos, 2001).

Para a compatibilização geométrica entre conjuntos de dados geográficos definidos em coordenadas cartográficas, é necessário a transformação de coordenadas

dos objetos de um ou de ambos os conjuntos para um sistema de referência comum (Matos, 2001):

- **Atributos** – os dados geográficos devem estar relacionados com atributos alfanuméricos que definem ou descrevem, de forma mais ou menos simplificada, a sua natureza;
- **Relações topológicas** entre os elementos – os elementos presentes no modelo de dados devem estar relacionadas, especialmente tendo por base um conjunto de parâmetros (contiguidade, conetividade, sentido, proximidade, etc.); as relações entre entidades geográficas no mundo real são geralmente muito numerosas e complexas, pelo que o seu armazenamento dentro do SIG deve ser feito de forma selecionada, tendo em atenção a sua relevância para o estudo a efetuar.

As entidades geográficas (Figura 46) podem ser representadas por:

- **Pontos**, os quais não possuem comprimento (dimensão 0);
- **Linhas**, com um único comprimento (dimensão 1) e;
- **Áreas/polígonos** (dimensão 2). Se adicionarmos a estas áreas planas uma

terceira coordenada, **altitude**, por exemplo, obteremos um **volume** (dimensão 3). A quarta dimensão poderia ainda ser utilizada, adicionando-se, por exemplo, o **tempo**, (dimensão 4) (Prazeres, 2008, p. 21), já prevista no AIXM 5.1 como referido no ponto II.2.6.3.

	PONTOS	LINHAS	ÁREAS
<b>NOMINAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AEROPORTO</li> <li>IGREJA</li> <li>CIDADE</li> <li>HOSPITAL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RIO</li> <li>FRONTEIRA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FLORESTA</li> <li>OCEANO</li> <li>SAPAL</li> </ul>
<b>ORDINAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CIDADE</li> <li>VILA</li> <li>ALDEIA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AUTO-ESTRADA</li> <li>EST. PRINCIPAL</li> <li>ESTR. SECUNDÁRIA</li> <li>CAMINHO-FERRO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ÁREA NÃO INUNDÁVEL</li> <li>ÁREA INUNDÁVEL</li> </ul>
<b>INTERVALO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.000 Hab</li> <li>10.000 Hab</li> <li>100.000 Hab</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CURVA DE NÍVEL</li> <li>50</li> <li>100</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DENSIDADE</li> <li>300</li> <li>200</li> <li>100</li> </ul>

Figura 46 – Entidades geográficas

Fonte: Painho e Curvelo (2008 in Caeiro, 2013)

As entidades geográficas nos diversos tipos de dados espaciais consistem na associação dos vários elementos gráficos ou objetos cartográficos a indivíduos do mundo real. Cada uma destas entidades pode ser dividida tendo por base as

características dos atributos dos dados associados (atributos não gráficos), e por consequência, o tipo de escala em que estes podem ser medidos (Prazeres, 2008, p. 22):

- **Nominal** – Permite classificar elementos em categorias, não sendo estabelecidos juízos de valor. Propriedades: simetria ( $A=B \ B=A$ ); transitividade ( $A=B \ B=C \ A=C$ )
- **Ordinal** – Permite ordenar os elementos em função do grau que apresentam em determinada característica. Propriedades: assimetria ( $A>B \ B<A$ ); transitividade ( $A>B \ B>C \ A>C$ ).
- **Intervalo** – Permite indicar a posição precisa numa escala em que os intervalos são iguais, permitindo medir a distância entre dois elementos (Zero arbitrário)
- **Razão** – Permite determinar a proporção da diferença existente entre dois elementos (Zero absoluto).

Relativamente à **escala** esta refere-se à razão entre as dimensões no mapa e as dimensões no mundo real, sendo que mapas de pequena escala representam áreas maiores, menor detalhe e mapas de grande escala representam áreas menores, maior detalhe.

No SIG a visualização do mapa é possível a qualquer escala, independentemente da escala a que o mapa foi produzido (Caeiro, 2013, p. 23), fator importante na elaboração de cartografia aeronáutica, com uma BD comum e centralizada com a elaboração de diversas cartas a diferentes escalas, ou seja, desde as cartas *Enroute* (e.g. 1:5 000 000) às cartas de aeródromo (e.g. 1:1 000).

#### III.1.2.4 Modelos de Dados Geográficos: Vetorial e Matricial

O tipo e estrutura de dados presente num SIG são dos elementos fundamentais na classificação do sistema. Os SIG podem dividir-se em dois grandes grupos, tendo em atenção a forma como a informação digital se encontra estruturada: os SIG que armazenam os dados sob a forma de uma matriz, os **SIG matriciais ou raster**, e os SIG que armazenam os dados sob a forma de vetores, **os SIG vetoriais**, como ilustra a Figura 47.

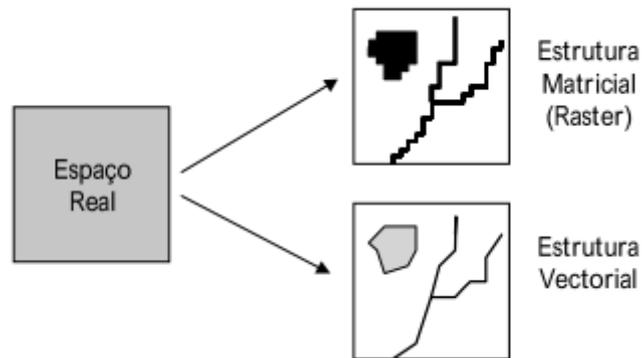


Figura 47 – Estrutura matricial e vetorial

Fonte: Julião, 2001

Um objeto *raster* resulta da sobreposição de uma grelha virtual ao território, dando origem a uma série de células (*pixel*), normalmente quadradas embora possam assumir diferentes formas. Cada célula é referenciada pelas coordenadas resultantes da interseção de uma linha e de uma coluna. A cada uma das células é atribuído um valor que pode ter diversos significados (Caeiro, 2013; Prazeres, 2008; Julião, 2001).

De uma forma geral esta estrutura de dados não é adequada à localização precisa de objetos discretos, pois o espaço geográfico é dividido em células regulares que integram uma estrutura em mosaico discreta com resoluções nem sempre adequadas à sua representação. As relações espaciais dos objetos estão implícitas na estrutura em grelha, não sendo por isso necessárias as relações explícitas de armazenamento, comparativamente aos modelos vetoriais (Painho e Curvelo, 2008 in Caeiro, 2013, p. 17).

Os modelos que usam objetos *raster* são normalmente pesados em termos de volume de informação, porque cada célula tem obrigatoriamente informação registada, mais que não seja um valor que indique a ausência de informação relevante. No entanto, esta característica confere-lhes um elevado poder analítico, facilitando a integração da mais variada informação. São bastante utilizados para o desenvolvimento de modelos de análise territorial e estabelecimento de cenários prospetivos (Prazeres, 2008; Julião, 2001).

Por sua vez, um objeto vetorial caracteriza-se por representar a entidade espacial, as suas fronteiras ou percurso, através de uma série de pontos coordenados ligados entre si. Os modelos vetoriais permitem uma facilidade e rigor na informação gráfica que armazenam e na forma como a interligam com BD alfanuméricas. A

representação da entidade espacial é efetuada de forma bastante precisa, através das suas coordenadas geográficas (Prazeres, 2008; Julião, 2001).

O armazenamento da informação dos modelos vetoriais numa estrutura designada por topológica é umas das características mais importantes dos SIG, o que facilita a posterior aplicação de funções de pesquisa e análise espacial. A topologia permite armazenar a informação posicional e o elemento gráfico associado ao tipo de objeto representado, ou seja integra informação referente às relações que esses objetos mantêm entre si (Caeiro, 2013).

O objeto vetorial (ponto, linha ou polígono) encontra-se no SIG associado a um registo numa tabela com os atributos que caracterizam esse objeto. A utilização de um SIG com base em modelos vetoriais pode ser orientada para a inventariação, pesquisa e visualização de dados assim como para suporte de análise espacial (Matos, 2001).

A decisão de qual o modelo utilizar, se o matricial ou o vetorial, está dependente dos objetivos e tipos de dados disponíveis. No entanto, pode-se ter a noção que os modelos matriciais são mais detalhados (devido a serem representados por pixels) e muito estruturadas, o que permite obter dados com muita precisão se a recolha dos dados e introdução no SIG tenha sido correta e adequada ao objetivo. A estrutura de dados vetorial é mais rápida e eficiente, menos repetitiva (tendo em conta a representação por pontos, linhas ou áreas) e os vetores vão diretos ao âmago das características geográficas das entidades que representam (Painho e Corvelo, 2008 in Caeiro, 2013, p. 21).

#### III.1.2.5 Modelo Digital do Terreno

Designa-se por modelos digitais de terreno (MDT) qualquer conjunto de dados em suporte numérico que, para uma dada zona, permita associar a qualquer ponto definido sobre o plano cartográfico um valor correspondente à sua altitude, ou seja permite a criação de uma superfície composta por faces num espaço tridimensional. Dado que estes modelos requerem elevados volumes de informação e de memória e velocidade de processamento, recorre-se habitualmente ao uso de estrutura de dados matriciais em detrimento de estruturas vetoriais (Matos, 2001).

Em todos os métodos de construção de MDT intervém, de algum modo, a propagação de altitude conhecida num dado conjunto de pontos para quaisquer outros pontos da região a integrar no modelo. Essa propagação é feita recorrendo a método de interpolação (Matos, 2001).

A ESRI Portugal disponibiliza desde 2009 a toda a comunidade o MDT para o território nacional, a partir das imagens do MDT global, com resolução de 30 metros, numa colaboração entre a NASA e o governo Japonês. Com a disponibilidade em formato *package layer* do(s) mosaico(s) MDT para o território de nacional, a comunidade poderá aceder ao(s) mesmo(s) de uma forma rápida através do ArcGIS Online<sup>51</sup> ou através do site da DGT, que através do serviço mapas online disponibiliza ao público, gratuitamente, um conjunto de serviços de dados geográficos de acordo com os padrões do OGC, WMS e WFS.

Os MDT têm muitas aplicações na área das ciências do ambiente, no ordenamento do território, na prevenção contra incêndios e cheias, e no sector aeronáutico, nomeadamente nos projetos de terreno e obstáculos como será desenvolvido no capítulo V.

#### III.1.2.6 Sistemas de Detecção Remota

Denomina-se deteção remota quando a aquisição de informação à distância é efetuada através de um dispositivo de medição baseada na radiação emitida ou refletida por objetos, através de sensores de radiação eletromagnética orbitais, como é o caso dos satélites ou da fotografia aérea. Em deteção remota, com sensores passivos, utiliza-se a parte do espectro eletromagnético abrangendo a amplitude de comprimento de onda no domínio do visível e parte do infravermelho. Os sensores ativos utilizam a parte do espectro correspondente às micro-ondas recorrendo a tecnologia de radar (Matos, 2001).

Os sistemas de deteção remota destinam-se a recolher, armazenar, classificar, manipular e visualizar dados matriciais (*raster*) essencialmente provenientes de imagens de satélite e de fotografia aérea. Este tipo de ferramentas possui algoritmos muito

---

<sup>51</sup> Plataforma SIG *online* desenvolvida pela ESRI.

desenvolvidos para o tratamento geométrico e espectral da informação recebida pelos satélites (Prazeres, 2008).

De acordo com Prazeres (2008), pode-se ainda referir outros sistemas:

- *Automated Mapping – Facilities Management (AM-FM)* são instrumentos baseados em sistemas de CAD<sup>52</sup> que estão particularmente vocacionados para a produção de cartografia automática e gestão de infraestruturas. As suas capacidades de análise limitam-se, na maioria dos casos, a funções de pesquisa e de análise de redes.
- *Land Information Systems (LIS)* são um subconjunto das ferramentas relacionadas com os SIG que estão particularmente vocacionados para a gestão cadastral. Este tipo de sistemas têm as funções de pesquisa e localização muito desenvolvidas.

Nos SIG os dados a processar estão normalmente organizados em BD. Um sistema de gestão de base de dados (SGBD) permite gerir uma BD, assegurando as funções de entrada e registo de informação, correção, supressão, extração de dados e a organização do acesso à informação. Os SIG possuem normalmente um SGBD do tipo comercial acoplado, facto que torna possível o desenvolvimento prévio da componente alfanumérica, e somente numa fase posterior, se necessário, proceder-se à sua ligação com a informação gráfica correspondente (Prazeres, 2008).

Pode-se concluir que é necessário configurar um SGBD para um problema em concreto, o que implica a existência de um modelo de dados, que permite organizar os dados (gráficos e alfanuméricos) entre si, para que se possam integrar num esquema de BD. A maioria dos SIG utilizam o modelo relacional, mas a forma como a informação está organizada depende do *software* SIG a ser utilizado (Prazeres, 2008).

Como foi referido, as BD em SIG agregam as BD alfanuméricas à informação tipo gráfico. Este tipo de informação é estruturado em camadas (*layers*) que por sobreposição (*overlay*) permitem a construção dos designados modelos de informação geográfica.

---

<sup>52</sup> Desenho Assistido por Computador.

### III.1.2.7 Web Map Services

Um *Web Map Service* (WMS) permite a visualização de dados geográficos na *World Wide Web*. Este tipo de serviço não fornece os dados geoespaciais reais, mas sim uma imagem georreferenciada dos dados (e.g. arquivos PNG, JPEG ou GIF). Pode-se dizer que um serviço WMS permite (Landmap Geoknowledge, 2018):

- A visualização da informação geoespacial, de várias fontes e servidores à volta da *World Wide Web*;
- Atender aos requisitos de interoperabilidade, permitindo que os utilizadores visualizem variadas *layers* e que as possam sobrepor e criar mapas personalizáveis.
- A interoperabilidade que permite a visualização simultânea de várias *layers* é definida por um conjunto de interfaces comuns especificadas pela *OpenGis Implementation Specification*.

Um WMS opera usando diferentes formas de *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP). Existem três operações principais (requisitos HTTP) que podem ser pedidas quando se utiliza um navegador web padrão, as *GetCapabilities* e *GetMap* (obrigatórias) e a *GetFeatureInfo* (opcional) como descrito na Figura 48 (Landmap Geoknowledge, 2018).

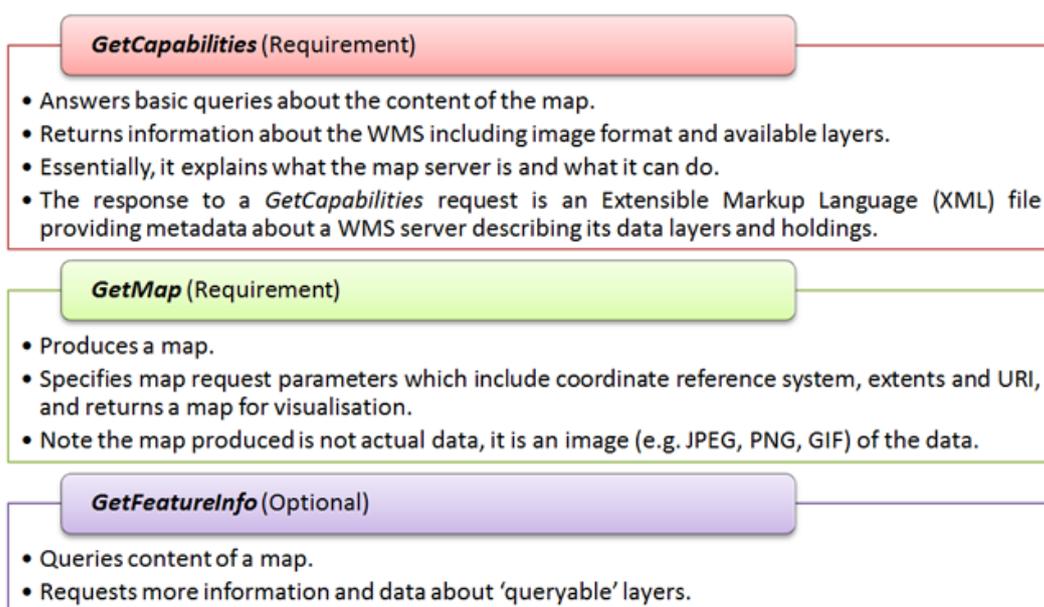


Figura 48 – Três modos de operar de um WMS

Fonte: Landmap Geoknowledge, 2018

Ao enviar solicitações na forma de *Uniform Resource Locators* (URL), o URL define os parâmetros a serem exibidos, como por exemplo a parte da Terra a ser mapeada e as dimensões da imagem como ilustra a Figura 49 (Landmap Geoknowledge,2018).

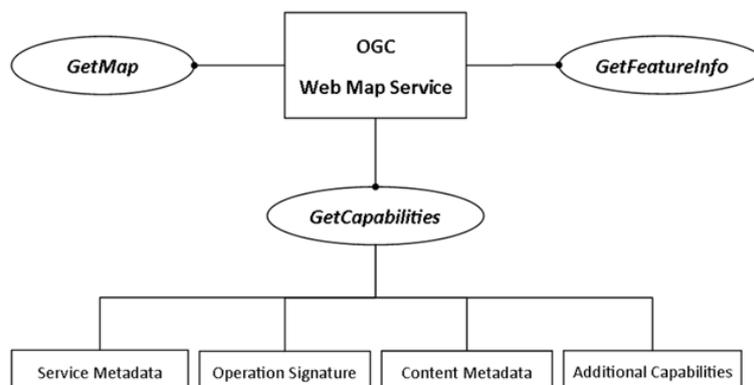


Figura 49 – Interface do OpenGIS Web Map Service

Fonte: Landmap Geoknowledge, 2018

### III.1.3 Spatial Data Infrastructure (SDI)

Para que se possa diferenciar um SIG de uma SDI, é importante entender o conceito de SDI e a sua definição. Um SIG pode ser parte de uma SDI, mas não pode ser considerado uma SDI por si só. Assim, na primeira geração das SDI, a meio dos anos 80, o seu principal objetivo era o de promover o desenvolvimento económico e a sustentabilidade ambiental. Neste período as SDI eram concebidas e desenvolvidas pelos países com base nas suas características nacionais, requisitos e prioridades (Rajabifard, Binns, Masser, & Williamson, 2006).

Nesta primeira geração, os países projetaram e desenvolveram SDI com base nas suas características, exigências e prioridades nacionais. Havia poucas experiências existentes no desenvolvimento das SDI, por isso, a criação das primeiras infraestruturas permitiu aos países aprenderem, e portanto, um dos principais resultados da primeira geração foi a documentação de experiências sobre iniciativas SDI (Rajabifard et al., 2006).

Embora várias organizações como a *US Bureau of the Census* nos Estados Unidos da América e instituições académicas na Inglaterra tenham desenvolvido elementos das SDI no início dos anos 90, o principal desenvolvimento das SDI centrou-se em iniciativas dirigidas por agências de mapeamento nacionais que têm responsabilidade sobre as infraestruturas de dados nos seus países (Rajabifard et al., 2006).

A transição para a segunda geração de SDI ocorreu por volta de 2000 (Figura 50), modelo de desenvolvimento baseado no processo SDI, quando alguns dos principais países que estavam a desenvolver infraestruturas de dados mudaram de estratégias e atualizaram o modelo conceitual da SDI. Esta mudança deveu-se às oportunidades que resultaram do desenvolvimento da internet que criaram um conceito de SDI muito mais voltado para o utilizador, muito mais eficaz na maximização do valor agregado dos ativos de informação espacial de um país e mais rentável como mecanismo de disseminação de dados (Masser, 2005 in Rajabifard *et al.*, 2006; Klinger, 2009).

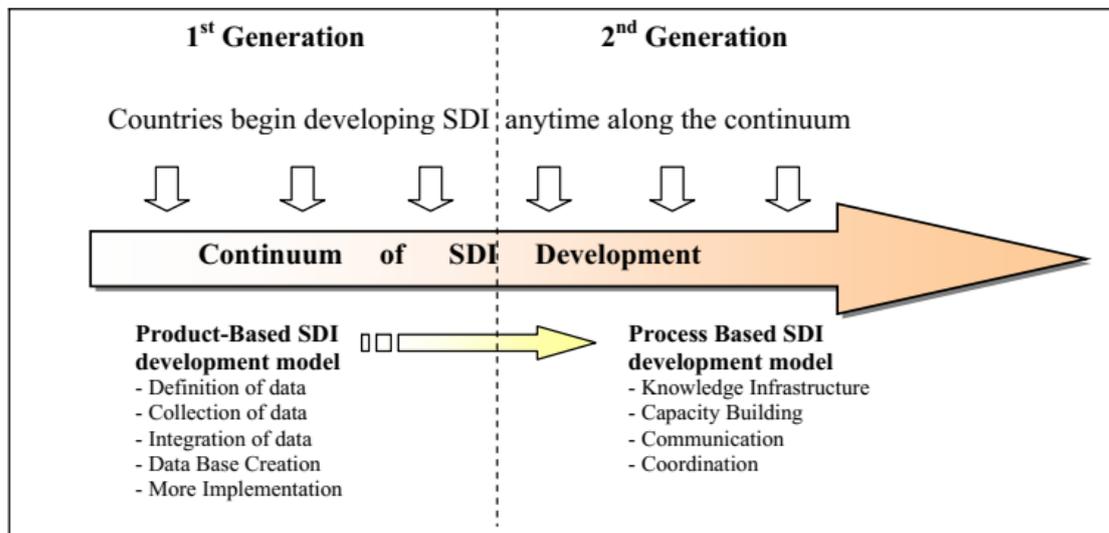


Figura 50 – Relação entre a primeira e a segunda geração do desenvolvimento de SDI

Fonte: Rajabifard *et al.*, 2006

Tal como o conceito de SIG, a SDI possui várias definições consoante os seus utilizadores, disciplinas e níveis administrativos ou políticos.

Para Rodríguez *et al.* (2009) a SDI é um sistema de computador composto por vários recursos, catálogos, servidores, programas, dados, aplicativos e *sites* que permitem a partilha de informações geográficas pela internet, cumprindo uma série de condições de interoperabilidade que permitem ao utilizador um simples acesso de acordo com a sua necessidade.

Segundo Groot, R. e J. McLaughlin (2000 in Klinger, 2009, p. 7) a SDI “engloba as bases de dados geoespaciais em rede e as facilidades de manipulação de dados, os recursos complexos institucionais, organizacionais, tecnológicos, humanos e económicos que interagem entre si e sustentam a conceção, implementação e

manutenção de mecanismos que facilitam o compartilhamento, acesso e o uso responsável de dados geoespaciais a um custo acessível para um domínio de aplicação ou empresa específica”.

Para Rajabifard *et al.* (2006, p. 1) a SDI “é uma plataforma para a partilha de dados. Baseia-se num conceito dinâmico, hierárquico e multidisciplinar que inclui pessoas, dados, redes de acesso, políticas institucionais, padrões técnicos e dimensões de recursos humanos, e que visa facilitar e coordenar a troca e partilha de dados espaciais entre as partes interessadas nos dados espaciais”.

O SDI Cookbook (Nebert, D., 2004 in Klinger, 2009, p. 8) afirma que o termo SDI denota a coleção base de tecnologias, políticas e arranjos institucionais relevantes que facilitam a disponibilidade e o acesso a dados espaciais.

Pode-se concluir que a SDI é mais do que uma BD, já que aloja dados e atributos geográficos, documentação suficiente em termos de metadados, permite pesquisar, visualizar, avaliar e fornecer acesso aos dados geográficos.

O SIG pode ser transformado em SDI estabelecendo cooperação e colaboração de diferentes disciplinas e autoridades, atribuindo privilégios de custódia e uso para subconjuntos de dados. Desta forma, os utilizadores em geral podem esperar que os dados estejam disponíveis e, com a tecnologia de rede, sejam acessíveis de forma transparente. A SDI consiste assim numa inovação que é mantida por muitos conceitos e tecnologias GIS, como a internet, as telecomunicações relacionadas, bem como a tecnologia em rede (ESRI, 2010; Phillips *et al.*, 1999 in Klinger, 2009).

A SDI amplia os SIG garantindo que dados e padrões geoespaciais sejam usados para criar do ponto de vista tecnológico, os componentes básicos de uma SDI como são os dados espaciais, os metadados e os serviços.

- Os **dados espaciais** são os elementos geográficos disponíveis.
- Os **metadados** são os descritores dos dados, como por exemplo data da publicação, formato, fonte, etc, e que permitem que as informações sejam pesquisadas e encontradas.
- Os **serviços** são as funcionalidades que enriquecem a infraestrutura, por serem acessíveis através de um navegador de internet, fornecem aos utilizadores

ferramentas para a interação de dados. Os serviços podem ser de consulta, visualização, *download*, etc. (Rodríguez et al., 2009).

Os dados espaciais são obviamente o conteúdo mais importante de uma SDI porque sem estes não pode existir a infraestrutura. Os dados têm de ser precisos, atualizados, consistentes, mantidos livres de redundância e tratados por especialistas para permanecerem úteis para a aplicação da SDI (Klinger, 2009).

As SDI devem cumprir determinadas condições de interoperabilidade, que no caso dos metadados, são garantidas por regulamentos e normas, como a norma ISO 19155<sup>53</sup> e as Regras de Implementação de Metadados da Diretiva INSPIRE (Rodríguez et al., 2009).

A SDI evoluiu para permitir a partilha de informações geoespaciais numa escala significativa. Muitos *websites* fornecem mecanismos para publicar, descobrir, avaliar, trocar recursos geoespaciais existentes em apoio às SDI (ESRI, 2010).

O principal objetivo no desenvolvimento de uma SDI a qualquer nível político e administrativo é o de apoiar nas tomadas de decisões económicas, sociais e ambientais. As SDI tornaram-se um método inovador e muito importante para determinar a maneira como os dados espaciais são usados em toda a organização, nação e diferentes regiões (Klinger, 2009).

Muitos países estão a desenvolver SDI a diferentes níveis políticos, desde o nível corporativo ao global, para facilitar o melhor gerenciamento e utilização de dados espaciais.

Um dos principais passos na criação de uma SDI eficaz é o investimento num modelo de comunicação eficiente entre os atores/utilizadores interessados nos dados espaciais. Isto permite a criação de parcerias, padrões e procedimentos que permitem que os dados sejam partilhados, comercializados ou comprados entre os diferentes fornecedores de dados (Klinger, 2009).

---

<sup>53</sup> ISO 19155-2:2017 *Geographic information - Place Identifier (PI) architecture*.

Quando uma SDI está definida muitas vezes presume-se que esta permanece estática, o que limita a compreensão da natureza e as possibilidades da SDI, assim como a otimização do seu potencial e da sua capacidade de evolução. É necessário difundir mais a capacidade multidimensional da SDI como uma estrutura de informação espacial inter e intrajurisdicional (Chan et al., 2001 in Klinger, 2009).

Ian Masser (2005) sintetizou quatro questões chave que desempenham um papel vital no futuro das SDI:

- **Governança** – é necessário ir além da instituição dos mecanismos de coordenação das SDI e priorizar a criação de uma governança apropriada. É importante que todos os atores que estejam envolvidos possam desenvolver uma visão compartilhada e sentir uma liderança comum;
- **Facilitar o acesso** – um dos maiores problemas para os utilizadores é a falta de metadados. Sem portais geoespaciais e serviços apropriados de metadados a SDI não será aceite nem usada pela comunidade;
- **Capacitação** – geralmente é necessária uma mudança nas organizações para o desenvolvimento de uma SDI;
- **Interoperabilidade** – o desenvolvimento de uma SDI envolve muito mais do que a criação de uma BD. A interoperabilidade em termos da infraestrutura, modelo de dados, partilha de dados e acesso aos dados deve ser alcançada usando os padrões internacionais.

Sendo esta tese uma proposta de um modelo concetual para um sistema integrado de dados geoespaciais para a AIM, e citando Klinger (2009) importa afirmar que uma análise dos futuros desenvolvimentos e imperativos relativos à SDI e à AIM clarifica uma ligação entre estes tópicos nas iniciativas europeias da INSPIRE (Infra-estrutura de Informação Espacial na Europa), tema a desenver no ponto 0 e o programa SESAR mencionado no ponto I.6.5.

### **III.2 A Emergência dos SIG SDI-A Tendências, Aplicações e Exemplos**

Neste ponto é feita a referência às tendências, aplicações e exemplos dos SIG e SDI aplicados à aeronáutica.

#### *III.2.1 Origem e Conceitos*

A informação aeronáutica desempenha um papel essencial na segurança aérea enquanto objetivo nuclear da indústria aeronáutica. Atualmente estão a ser desenvolvidas políticas e projetos comunitários para a gestão adequada de um espaço aéreo europeu único (vide projeto SES no ponto I.5). Para tornar isso possível é fundamental que as informações sejam geridas de forma adequada e que exista a partilha e a troca dessas informações, garantindo a sua interoperabilidade e integridade (Rodríguez *et al.*, 2009).

A cartografia aeronáutica é especificamente concebida para sintetizar graficamente as necessidades operacionais da aviação. Como tal, contém um grande volume de informações representadas em cada um dos diferentes tipos de cartas aeronáuticas que são publicadas. Até agora, a maneira tradicional de ter acesso a essa cartografia envolvia a aquisição de cartografia impressa ou o uso de diferentes sistemas digitais que frequentemente implicavam atualizações periódicas dispendiosas (Rodríguez *et al.*, 2009).

A informação aeronáutica deve ser completa, precisa, atualizada e estar disponível a qualquer momento em qualquer lugar para que seja possível completar uma rota predeterminada, em conformidade com as normas de tráfego aéreo estabelecidas, garantindo sempre a segurança da aeronave (Rodríguez *et al.*, 2009).

A representação dos sistemas de tráfego aéreo deve modelar-se em três dimensões, com a representação das rotas aéreas, áreas e zonas de controlo e tráfego, que permitam guiar adequadamente a aeronave num espaço tridimensional. Esta representação é diferente da cartografia concebida para os restantes meios de transporte terrestres onde só é necessário representar a informação bidimensionalmente (Rodríguez *et al.*, 2009).

As organizações civis e militares devem criar e manter conjuntos de dados aeronáuticos e produzir dados e cartas de alta qualidade que deem resposta às suas

necessidades. Os SIG podem ajudar estas agências a manterem, controlarem e disseminarem dados que possuam requisitos rigorosos (ESRI, 2013).

Um texto do *Airport-Technology.com* define as várias aplicações dos SIG na aviação. Companhias aéreas comerciais utilizam os SIG para planejar as rotas de voos e acompanhar operações em tempo real. Configurações complexas do espaço aéreo são modeladas utilizando a metodologia de análise tridimensional dos SIG. Várias administrações de aviação utilizam BD e ferramentas SIG (por ex. PLTS<sup>54</sup> para o ArcGis) para criarem cartas de rotas de navegação aérea (Kable, 2016).

Os SIG ajudam a gerir aeroportos que estão frequentemente sobrecarregados por questões de segurança, orçamento e eficiência. As ramificações espaciais dessas questões podem ser modeladas e testadas com segurança num SIG (Kable, 2016).

Os SIG também são utilizados para analisar as restrições de uso na envolvimento dos aeroportos, para fazer estudos de redução da poluição sonora e de acesso ao aeroporto. A manutenção das componentes críticas de um aeroporto, como as pistas e as infraestruturas, é auxiliada pela utilização de funções dos SIG. Dois exemplos específicos são a gestão de inspeções nos aeroportos e a gestão dos riscos de voo (Kable, 2016).

Assim, os **SIG podem auxiliar as organizações aeronáuticas** das seguintes formas (ESRI, 2013, p. 4):

- Criar, visualizar, analisar e disseminar dados importantes do AIS;
- Atualizar automaticamente cartas aeronáuticas através dos SIG para reduzir a ocultação, redundância e erros dos dados;
- Produzir uma variada gama de produtos gráficos, incluindo as cartas compatíveis com a ICAO a partir de uma BD central;
- Partilha de dados usando o modelo de partilha de informação aeronáutica AIXM;
- Gerar eficientemente cartas aeronáuticas.

---

<sup>54</sup> *Production Line Tool Set.*

A informação aeronáutica é essencial para o planeamento e execução dos processos de navegação aérea, pelo que deve estar ao alcance dos utilizadores, como por exemplo os Controladores de tráfego aéreo, Técnicos de Informação e Comunicações Aeronáuticas (TICA), Pilotos e organizações, de forma direta, eficiente e confiável. Uma forma de fornecer essa informação é através das SDI, que fornecem serviços de processamento, visualização, análise, consulta, *download* de dados, catálogo e ferramentas necessárias para publicar informações geográficas e aeronáuticas na internet.

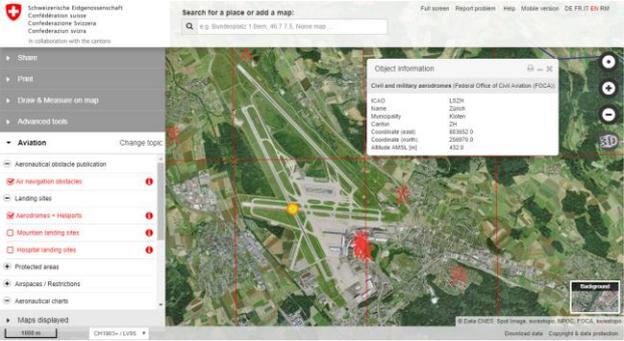
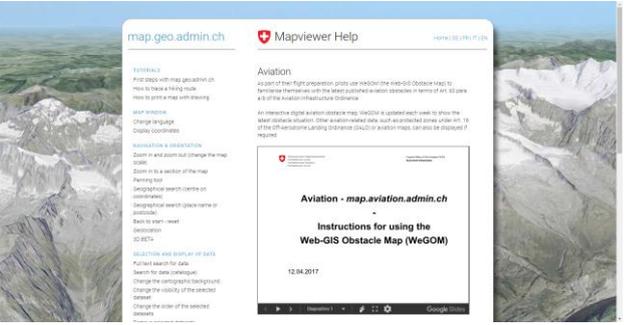
Em 2007, S. Van der Stricht e Â. Standar introduziram no *Mini Global AIS Congress* a ideia de uma SDI para a comunidade aeronáutica. Um importante passo nesta transformação residia em organizar os dados espaciais numa SDI, sendo complexo porque exigia que a SDI trabalhasse em diferentes escalas. (Klinger, 2009).

### III.3 Exemplos de SIG/SID no âmbito da Gestão de Informação Aeronáutica.

Neste ponto apresentam-se alguns exemplos de implementação dos SIG e SDI aliados ao conceito de AIM por parte de algumas organizações europeias, nomeadamente a Skyguide da Suíça, a LGS da Letónia, a ENAIRE de Espanha e a Austrocontrol da Áustria.

#### III.3.1 Skyguide (Suíça)

O Geoportal apresentado permite a pesquisa de informação aeronáutica, com acesso aos seus atributos, impressão de fichas de obstáculos (por exemplo). Tem ajuda *online* disponível e o geoportal está configurado para aplicativos móveis.

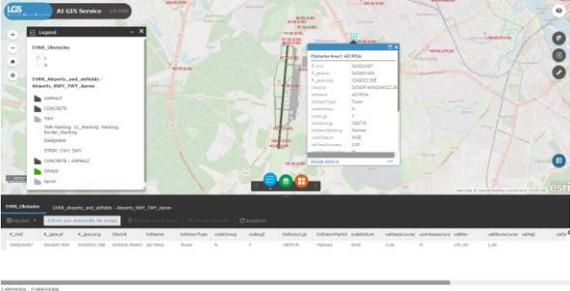
<p><b>Organização</b></p>		
<p><b>País</b></p>	<p>Suíça</p>	
<p><b>Funcionalidades</b></p>	<p>Geoportais<sup>55</sup></p>	
	<p>Ajuda <i>online</i><sup>56</sup></p>	

<sup>55</sup> <https://map.geo.admin.ch/index.html>

<sup>56</sup> <https://help.geo.admin.ch>

### III.3.2 LGS: Latvijas Gaisa Satiksme (Letónia)

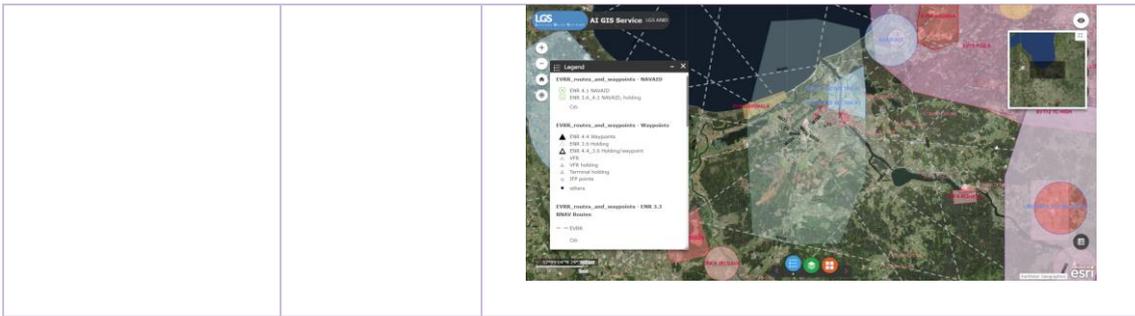
O Geoportal apresentado permite a pesquisa de informação aeronáutica, com acesso aos seus atributos. Dispõe de uma versão experimental com o modelo de dados AIXM 5.1<sup>57</sup>, denominado AI GIS Service LGS ANID com uma série de funcionalidades onde o utilizador pode gerir a lista de *layers*, visualizar a tabela de atributos, efetuar filtros e seleccionar o *basemap*, criando assim o ambiente visual mais apropriado para o objetivo a que se propuser para o uso da informação aeronáutica no nível de voo que pretender.

<p><b>Organização</b></p>		
<p><b>País</b></p>	<p>Letónia</p>	
<p><b>Funcionalidades</b></p>	<p>Geoportals<sup>8</sup></p>	
	<p>AIXM 5.1 Web Portals<sup>9</sup>: <i>Experimental</i></p>	

<sup>57</sup> *Latvian AIXM 5.1 Web Portal: Experimental AIM Environment for Global ATM Community. Application is under verification process; not for operational use.*

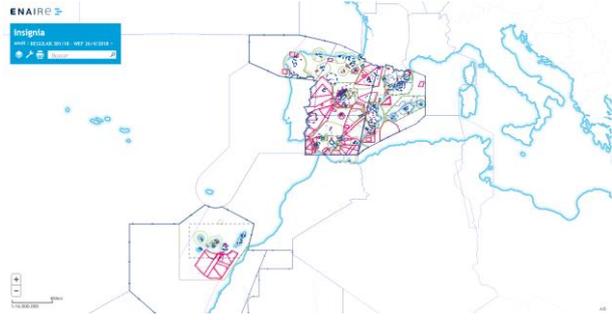
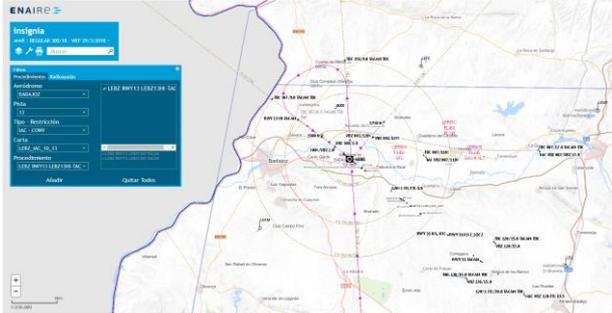
<sup>58</sup> <https://2014lgs.maps.arcgis.com/home/index.html>

<sup>59</sup> <https://www.airspace.lv/lgs>



### III.3.3 ENAIRE (Espanha)

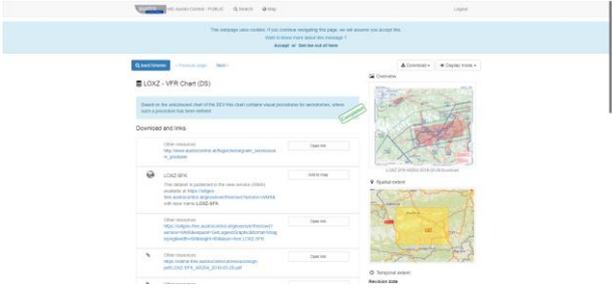
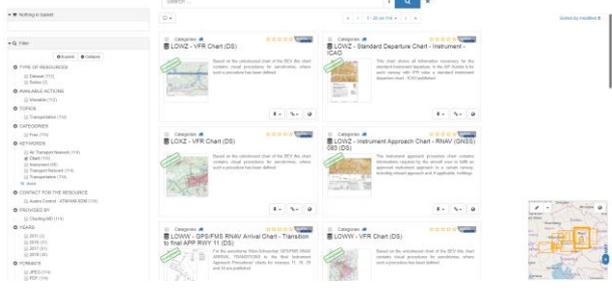
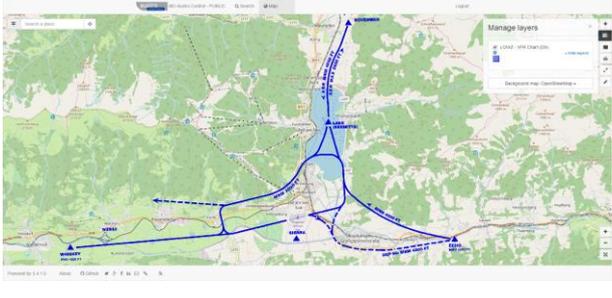
O Geoportal apresentado permite a pesquisa de informação aeronáutica e respetivas camadas consoante o tipo de espaço aéreo.

<b>Organização</b>		
<b>País</b>	Espanha	
<b>Funcionalidades</b>	Geoportal <sup>60</sup>	 

<sup>60</sup> <https://ais.enaire.es/insignia/>: INSIGNIA: Mapas Web del AIP

### III.3.4 Austrocontrol (Áustria)

O Geoportal apresentado permite a pesquisa de informação aeronáutica e respetivas camadas consoante o tipo de espaço aéreo. Permite a integração e visualização de conjuntos de dados geográficos (*dataset*) previamente concebidos, e serviços de mapas web.

<p><b>Organização</b></p>	
<p><b>País</b></p>	<p>Áustria</p>
<p><b>Funcionalidades</b></p>	<p>Geoportal<sup>61</sup></p>  <p>Acesso: LOXZ - VFR Chart (DS)</p>
<p><b>Integração e visualização de Datasets</b></p>	
	

<sup>61</sup> [https://www.austrocontrol.at/en/pilots/pre-flight\\_preparation/aim\\_services/geodata\\_portal](https://www.austrocontrol.at/en/pilots/pre-flight_preparation/aim_services/geodata_portal)

Integração e visualização de serviços Web (WFS, WMS, CSW...):



### III.4 INSPIRE: Rede de Transportes – Ar

#### III.4.1 A Diretiva INSPIRE – *Infrastructure for spatial information in Europe*

A informação desempenha um papel fundamental no quotidiano da sociedade. Cada vez mais vivemos numa “Sociedade de Informação”, onde a aquisição, o armazenamento, o processamento, a valorização, a transmissão e a partilha de informação que se destina à criação de conhecimento e à satisfação das necessidades dos cidadãos, são ações essenciais para o desenvolvimento da sociedade (MSI, 1997).

Desta forma, **tornou-se essencial demonstrar o carácter geoespacial dos dados, desenvolvendo-se assim, a extrema importância da informação geográfica e da sua qualidade, organização, acessibilidade e partilha.**

No decorrer do tempo ficou evidente a necessidade de se estabelecer uma coordenação entre os originadores e os utilizadores de informação geográfica, através da aplicação de medidas que incidam no intercâmbio, partilha, acesso e disponibilização de dados e serviços geográficos normalizados aos vários níveis da autoridade pública.

Foi neste sentido, que a União Europeia, a partir de 2001, começou a preparar um conjunto de orientações dirigidas aos Estados-Membros, com o objetivo de definir um enquadramento jurídico para a criação, funcionamento e monitorização de uma infraestrutura de informação geográfica na União Europeia.

Surge assim, a 15 de Maio de 2007 a Diretiva INSPIRE 2007/2/CE do Parlamento e do Conselho que estabelece a criação da *Infrastructure for Spatial Information in the European Community* (INSPIRE) no sentido de promover o acesso facilitado à informação geográfica relevante utilizável na formulação, implementação e avaliação das políticas da União Europeia (European Commission, 2018a).

A Diretiva INSPIRE define que os Estados-Membros devem gerir e disponibilizar os dados e os serviços de informação geográfica de acordo com os princípios e disposições comuns. Aborda um leque variado de temas, destinados a um diversificado conjunto de utilizadores e produtores de informação geográfica (European Commission, 2018a).

No desenvolvimento da Diretiva INSPIRE estiveram envolvidas três entidades representantes da Comissão Europeia, a Direção Geral do Ambiente, o EUROSTAT e o *Joint Research Center*, fundamentais no processo de coordenação dos aspetos políticos e legislativos, de implementação e de questões técnicas da infraestrutura de informação geográfica na União Europeia. O grupo de trabalho inicial, *INSPIRE European Commission INSPIRE team*, teve como principal função coordenar o desenvolvimento das disposições de execução da Diretiva (Architecture And Standards Working Group. Editor: Paul Smits, 2002).

A conceção da infraestrutura de informação geográfica a nível europeu abrangeu temáticas de natureza técnica e de natureza não técnica, incluindo a definição de normas e protocolos, as questões de natureza organizacional, a definição da política de dados e as condições de acesso e manutenção de níveis de informação geográfica para os diversos temas (Direção-Geral do Território, 2017b).

Foram constituídos “Grupos de Elaboração – *Drafting Teams*”, aprovados pelas *Spatial Data Interest Communities (SDIC)*, *Legally Mandated Organizations (LMO)* e pela Comissão Europeia, destinados a participar no processo de elaboração das disposições de execução sobre metadados, serviços de rede, partilha de serviços de dados e monitorização. Foram também formados grupos de trabalhos temáticos – *Thematic Working Groups* com a finalidade de assistirem à elaboração das especificações técnicas para os temas contemplados no Anexo I da Diretiva.

No processo de elaboração das especificações técnicas foram considerados vários projetos e organizações existentes que ao longo dos anos têm vindo a desenvolver trabalhos no âmbito da informação geográfica. A Organização Internacional para a Normalização (*International Organization for Standardization - ISO*) e o *Open Geospatial Consortium (OGC)* foram fundamentais para a elaboração das especificações técnicas (Architecture And Standards Working Group. Editor: Paul Smits, 2002).

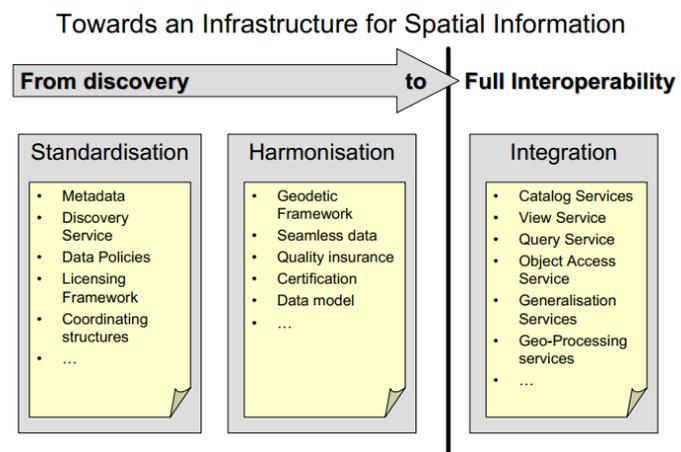
A criação da Infraestrutura Europeia de Informação Geográfica incluiu as seguintes fases (Direção-Geral do Território, 2017b):

- Preparação do enquadramento legal – preparação e adoção pela Comissão de uma proposta para um *Community Framework Legislative Act* para a criação da *Environmental European Spatial Data Infrastructure initiative (E-ESDI)*;
- Negociação e adoção pela Comissão do enquadramento legal;
- Preparação da legislação subsequente - preparação e adoção pela Comissão de uma proposta para a legislação subsequente com a definição detalhada dos aspetos técnicos associados à criação da infraestrutura;
- Adoção da legislação subsequente;
- Implementação do enquadramento legal e da legislação subsequente – implementação pelos Estados-Membros e pela Comissão da legislação comunitária adotada.

Os passos são realizados parcialmente e em paralelo, dependendo das necessidades dos dados utilizados e do grau de disponibilização e harmonização da informação existente. Neste procedimento estão envolvidos processos de normalização, harmonização e integração de dados e serviços (Figura 51):

**Figura 51 – Orientações para uma Infraestrutura de Informação Espacial**

Fonte: *Architecture and Standards Working Group*. Editor: Paul Smits, 2002



A visão política da INSPIRE é produzir informação geográfica harmonizada e de alta qualidade, disponível para formulação, implementação, monitorização e avaliação das políticas comunitárias e o acesso dos cidadãos à informação, tanto a nível local, regional ou internacional (Architecture And Standards Working Group. Editor: Paul Smits, 2002).

Existem **princípios comuns** que estão na base da INSPIRE (*Architecture And Standards Working Group*. Editor: Paul Smits, 2002; Direção-Geral do Território, 2017b; European Commission, 2018a) (Figura 52):

- Os dados apenas devem ser recolhidos apenas uma vez e armazenados de forma a serem mantidos com mais eficácia;
- Deve ser possível combinar informações espaciais contínuas de diferentes fontes na Europa e compartilhá-las com diferentes utilizadores e aplicativos;
- Deve ser possível que as informações adquiridas num nível/escala sejam compartilhadas com todos os níveis/escalas; preparada para análises detalhadas e gerais para objetivos estratégicos;
- A informação geográfica de suporte à atividade governamental, a todos os níveis, deve ser abundante e disponível sob as condições que não restrinjam o seu uso generalizado;
- A informação geográfica deve ser facilmente identificável, devendo ser fácil analisar a sua adequabilidade para um determinado uso bem como as respetivas condições de acesso e utilização.

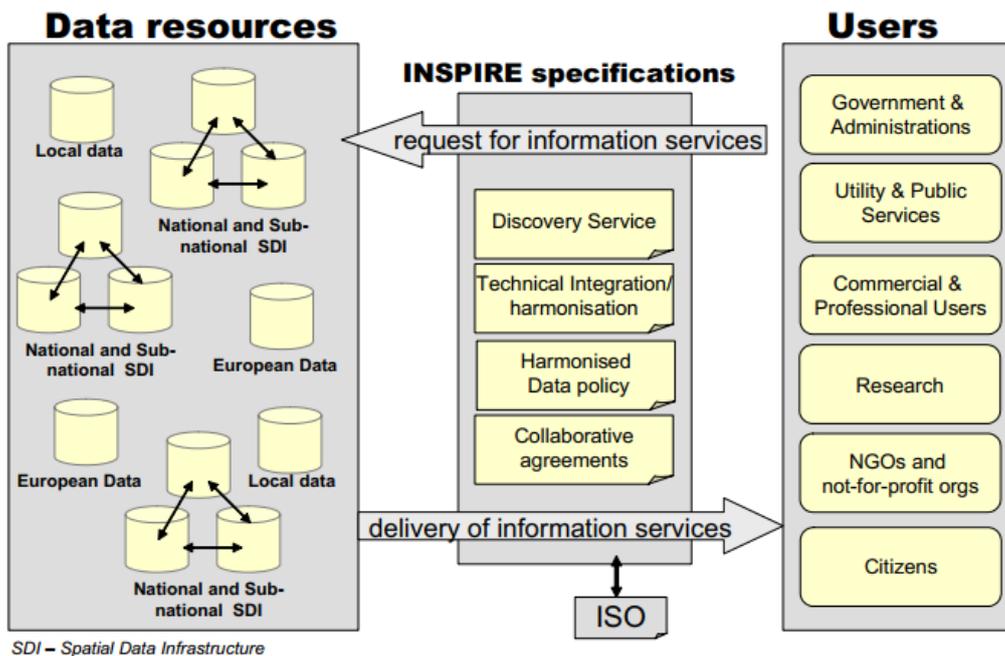


Figura 52 – Princípios e Visão da Diretiva INSPIRE

Fonte: Architecture and Standards Working Group. Editor: Paul Smits, 2002

Para garantir que as infraestruturas de dados geográficos dos Estados-Membros fossem compatíveis e utilizáveis num contexto comunitário e transfronteiriço, a *European Commission* (2018) afirma que a Diretiva exige a adoção de regras comuns de execução em domínios específicos, nomeadamente:

- Metadados;
- Especificações de dados;
- Serviços de Rede;
- Partilha de dados e serviços;
- Serviços de dados geoespaciais;
- Monitorização e relatórios.

Estas regras de execução foram adotadas como decisões ou regulamentos da Comissão e são obrigatórias em todos os seus elementos.

Para além das Normas de Implementação, os documentos de Orientação Técnica descrevem aspetos detalhados de implementação e relações com padrões, tecnologias e práticas existentes. Os documentos de Orientação Técnica definem como os Estados-Membros podem aplicar as regras de execução descritas no regulamento. A Figura 53 ilustra a relação entre as Normas de Implementação e os documentos de Orientação Técnica.

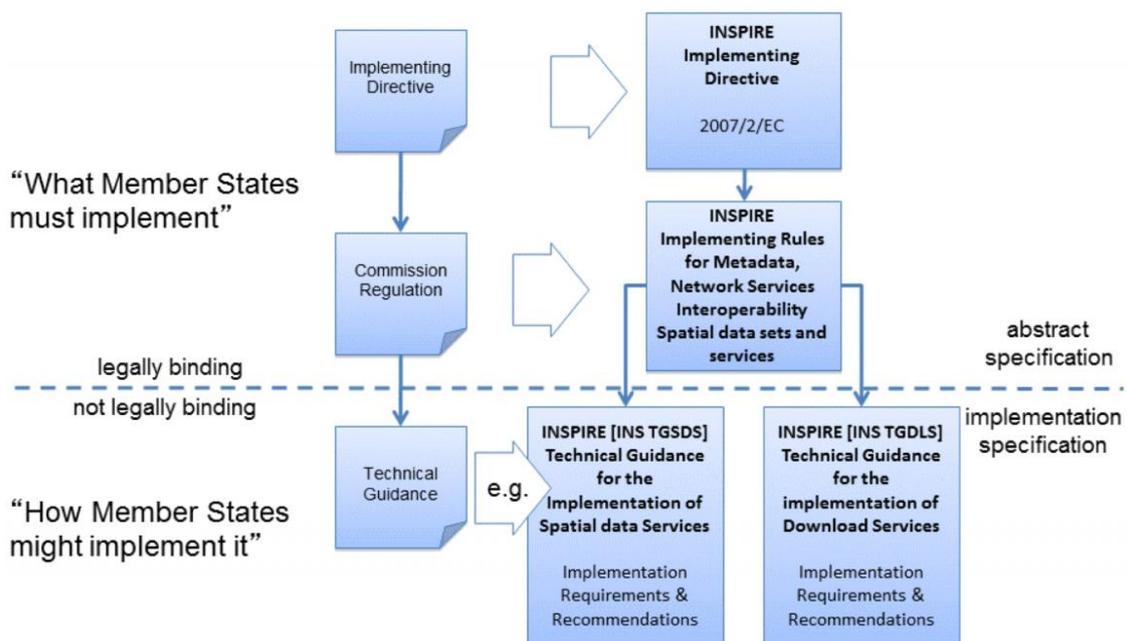


Figura 53 – Relação entre as Normas de Implementação e as Orientações Técnicas

Fonte: INSPIRE Thematic Working Group Transport Networks, 2014

A arquitetura apresentada no documento *“Architecture and Standards”* estabelece a criação de serviços que facilitem a **produção, publicação, pesquisa, partilha, utilização e compreensão de informação geográfica através da internet.**

Assim, a Diretiva pretende desenvolver uma rede de BD, ligadas por normas e protocolos comuns que garantam a compatibilidade e a interoperabilidade dos dados e dos serviços. A arquitetura INSPIRE segue a arquitetura do Modelo de Referência para a Informação Geográfica<sup>62</sup> (Architecture And Standards Working Group. Editor: Paul Smits, 2002).

A Arquitetura do Modelo de Referência ilustrada na Figura 54 permite descrever qualquer infraestrutura de dados geográficos, o que facilita a compreensão dos aspetos técnicos de uma infraestrutura de dados geográficos. É feita uma distinção entre quatro componentes, assinaladas na Figura 54, **user applications**, **geoprocessing e catalogue services**, **catalogues e content repositories**, ou seja, um grupo de funcionalidades tecnicamente semelhantes constituintes da arquitetura.

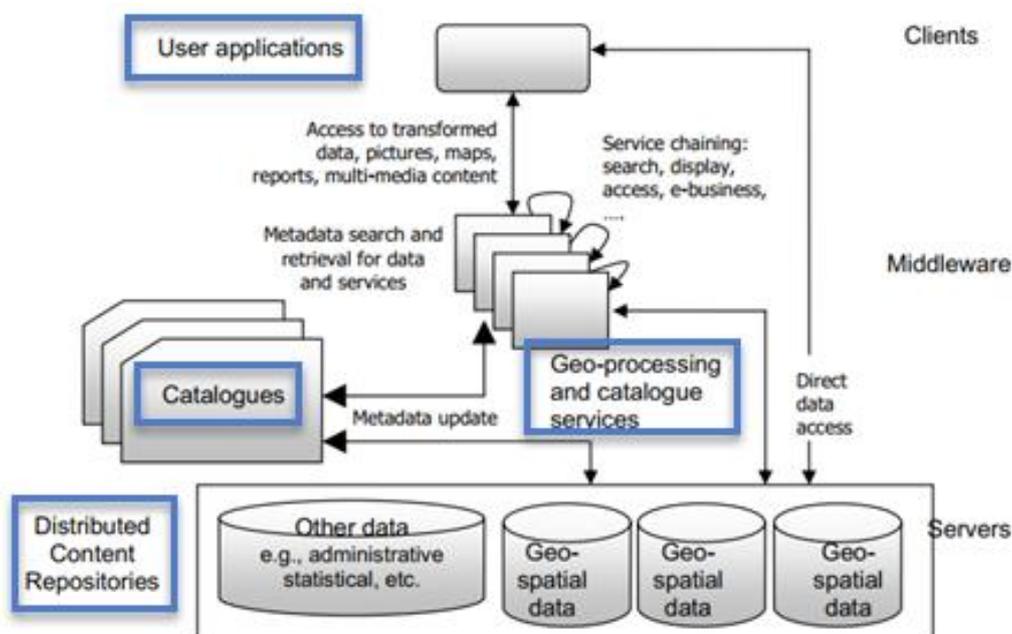


Figura 54 – Arquitetura do Modelo de Referência da INSPIRE

Fonte: Adaptado de *Architecture and Standards Working Group*. Editor: Paul Smits, 2002

Para a compreensão da arquitetura da Diretiva INSPIRE é necessário ter-se a noção de quais os seus possíveis utilizadores, e consequentemente quais as funcionalidades que estes precisam para a resolução dos seus problemas. Os

<sup>62</sup> Modelo de Referência utilizado nas especificações de dados INSPIRE é o Modelo de Referência presente na norma ISO 19101 – *Geographic Information – Reference Model*. Este Modelo de Referência descreve os requisitos gerais de normalização e os princípios fundamentais que se aplicam no desenvolvimento e utilização de normas relacionadas com informação geográfica.

**utilizadores** podem ser agrupados em diferentes grupos (*Architecture and Standards Working Group. Editor: Paul Smits, 2002, p. 16*):

- Governos e Administração (instituições da União Europeia, nacionais, regionais e locais);
- Fornecedores da infraestrutura, incluindo transportes, saúde, serviços de emergência e outras utilidades;
- Pesquisa e desenvolvimento (Universidades, institutos públicos e privados, desenvolvedores de aplicativos de sistemas de informação tecnológica);
- Utilizadores finais ligados ao comércio (turismo por exemplo);
- Organizações não-governamentais;
- Cidadãos e público em geral.

As aplicações para o utilizador incluem interfaces de uso geral destinadas à consulta e visualização, dispendo de ferramentas de administração das bases de dados e aplicações analíticas direcionadas para as necessidades de informação dos utilizadores. As aplicações para o utilizador devem fornecer as seguintes **funcionalidades** (*Architecture and Standards Working Group. Editor: Paul Smits, 2002, p. 17*):

- Publicação de dados e respetivos metadados;
- Permitir encontrar a informação geográfica;
- Visualizações relacionadas com o contexto da informação geográfica;
- Partilha de informação geográfica;
- Análise da informação geográfica;
- Consulta e a visualização da informação geográfica noutras línguas;
- Suporte *e-business* que permite adicionar valores acrescentados aos produtos e serviços.

A Diretiva INSPIRE prevê que as funcionalidades sejam disponibilizadas através de um geoportal, designado por *European Commission INSPIRE Geoportal*<sup>63</sup> (Figura 55).

---

<sup>63</sup> [www.inspire-geoportal.eu](http://www.inspire-geoportal.eu)

Consiste num *website* que inclui um leque variado de serviços e que tem como objetivo servir como porta de entrada na web para os vários utilizadores.

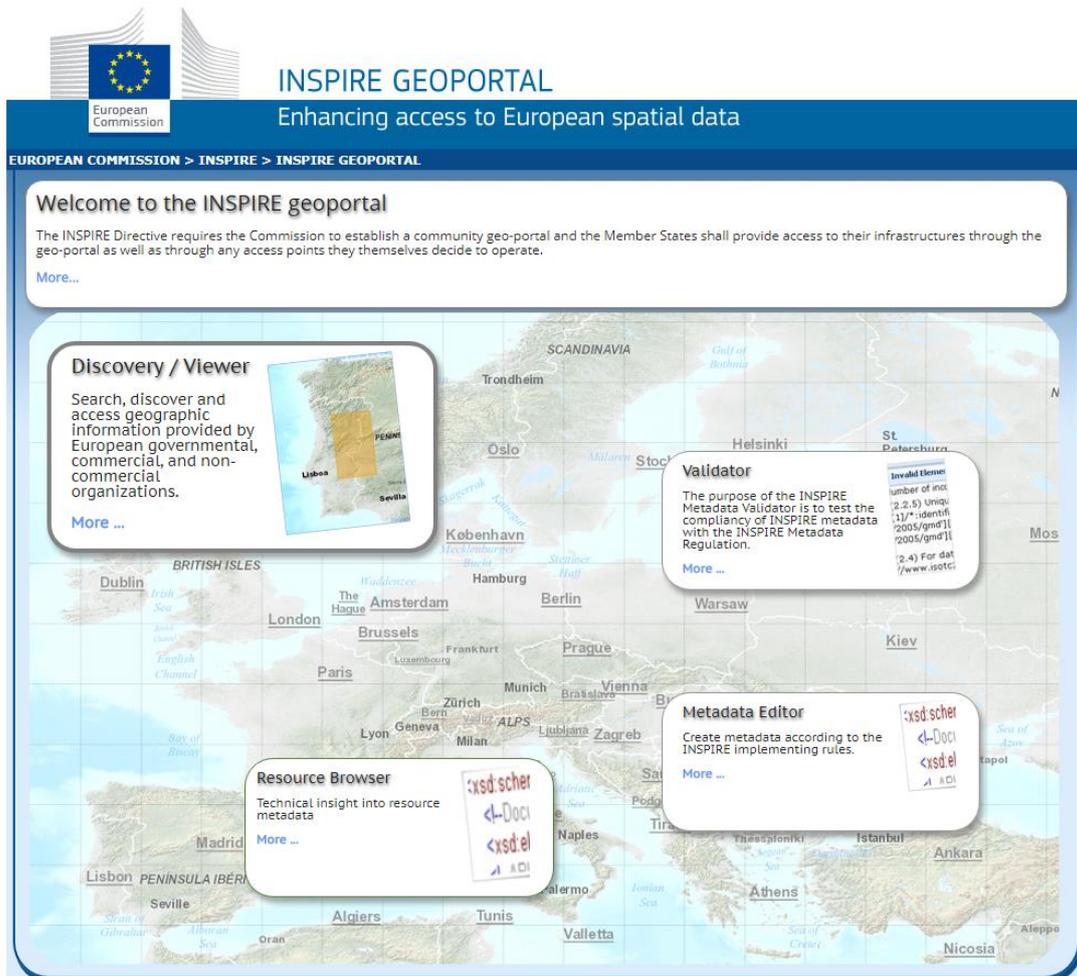


Figura 55 – European Commission INSPIRE Geoportal

Fonte: INSPIRE Geoportal, 2018

Os serviços de geoprocessamento devem desempenhar funções como, executar pesquisas sugeridas pelo utilizador, desenhar mapas a partir de dados disponibilizados, regular o acesso, executar operações de pagamento e extrair e enviar dados para as aplicações destinadas ao utilizador. A lista seguinte indica os **serviços** que deverão ser necessariamente implementados, por ordem de prioridade (*Architecture and Standards Working Group. Editor: Paul Smits, 2002, p. 19*):

- Serviços específicos de gestão/coordenação/administração;
- Serviços de catálogo que permita a localização de dados e serviços;
- Serviços de mapas;
- Serviços de cobertura;

- Feature services;
- *Gazetteer service*;
- Serviço de transformação de coordenadas;
- Serviço de autenticação;
- Serviço de análise/funções de dados espaciais.

Os **catálogos de dados geográficos** podem ser considerados sistemas de pesquisa e acesso, onde a informação geográfica desejada pode ser encontrada através dos metadados (*Architecture and Standards Working Group. Editor: Paul Smits, 2002*).

Cada Estado-Membro participante na Diretiva INSPIRE deve criar e manter, pelo menos um serviço de catálogo, onde os **metadados** sobre os conjuntos e serviços de dados geográficos relativos aos diferentes temas dos anexos devem ser públicos (*Architecture and Standards Working Group. Editor: Paul Smits, 2002*).

Um **repositório de conteúdos** faculta dados geográficos e outros tipos de dados. Por outro tipo de dados entende-se informação em forma de tabela com respetivo identificador geográfico, relatórios, fotografias e conteúdos multimédia sobre a localização (*Architecture and Standards Working Group. Editor: Paul Smits, 2002*).

O documento “*Architecture and Standards*” (2002) **refere que é essencial que os modelos de dados sejam planeados e respeitados. Não significa que todas as entidades utilizem internamente os mesmos modelos de dados, pois existem meios de estabelecer a ligação entre os modelos de dados existentes** (anteriores à Diretiva) e o modelo comum europeu.

#### *III.4.2 Rede de Transportes - Ar*

A Diretiva INSPIRE é composta por 34 temas, distribuídos por três anexos. Esta forma de estruturação dos diversos temas nos Anexos I, II, III (Tabela 14) tem como objetivo suportar a divulgação, a harmonização e outras ações propostas pela Diretiva. Embora não exista uma hierarquia temática, cada tema representa um grupo de diferentes conjuntos de dados geográficos (INSPIRE - Drafting Team on Data Specification, 2008).

Tabela 14 – Temas da Diretiva INSPIRE

Anexo I	Anexo II	Anexo III
1. Sistema de Referências 2. Sistemas de quadrículas geográficas 3. Toponímia 4. Unidades administrativas 5. Endereços 6. Parcelas cadastrais (prédios) <b>7. Redes de Transportes</b> 8. Hidrografia 9. Sítios protegidos	1. Altitude 2. Ocupação do solo 3. Ortoimagens 4. Geologia	1. Unidades estatísticas 2. Edifícios 3. Solo 4. Uso do solo 5. Saúde humana e segurança 6. Serviços de utilidade pública do estado 7. Instalações de monitorização do ambiente 8. Instalações industriais e de produção 9. Instalações agrícolas e aquícolas 10. Distribuição da população demográfica 11. Zonas de gestão/restricção/ regulamento e unidades de referência 12. Zonas de risco natural 13. Condições atmosféricas 14. Características geometeorológicas 15. Características oceanográficas 16. Regiões marinhas 17. Regiões biogeográficas 18. Habitats e biótopos 19. Distribuição de espécies 20. Recursos energéticos 21. Recursos minerais.

Fonte: Adaptado de *Drafting Team "Data Specifications", 2008*

Para a tese em questão o tema que interessa é a Rede de Transportes, tema 7 do Anexo I, cuja Diretiva INSPIRE apresenta a seguinte definição.

**“Rede de Transportes** - Redes de transporte rodoviário, ferroviário, aéreo e por via navegável, e respetivas infraestruturas. Inclui as ligações entre as diferentes redes. Inclui também a rede transeuropeia de transportes definida na Decisão n.º 1692/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de julho de 1996, sobre as orientações

comunitárias para o desenvolvimento da rede transeuropeia de transportes e as futuras revisões dessa decisão” (Diretiva 2007/2/CE p. L 108/11).

A Diretiva definiu um Modelo Concetual Genérico (*Generic Conceptual Model – GCM*), que contem a estrutura básica para qualquer tipo de modelo de redes. Este Modelo pode ser aplicado à rede de transportes, sendo utilizado para as várias redes que estão incluídas nos transportes (Figura 56) (*INSPIRE Thematic Working Group Transport Networks, 2014*).

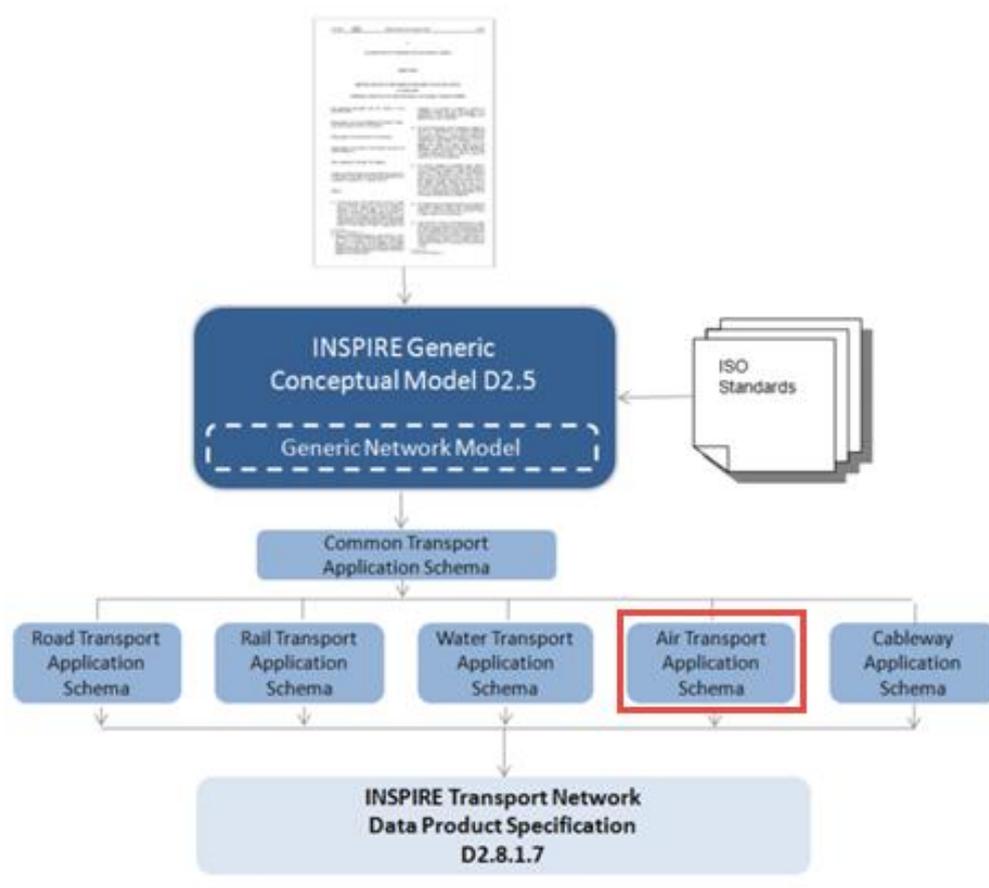


Figura 56 – Modelo Conceptual aplicado à rede de Transportes

Fonte: Adaptado de *INSPIRE Thematic Working Group Transport Networks, 2014*

O GCM descreve a forma básica de abstração do mundo real através de um conjunto abrangente de interoperabilidade de dados. Assim, o Modelo adapta-se a isso e descreve os conceitos básicos que sustentam e definem o *Common Transport Application Schema* (*INSPIRE Thematic Working Group Transport Networks, 2014*).

A Figura 57 infra demonstra as dependências entre os diferentes esquemas de aplicação da Rede de Transportes. Todos os cinco esquemas dependem do *Common*

*Transport Application Schema*, que define um número de classes de transporte comuns. Por sua vez, o *Common Transport Application Schema* depende do Modelo Genérico da Rede em que se baseia.

De acordo com Klinger (2008, p.47) “*The spatial data themes used in the INSPIRE directive are specified in UML*”. Na Figura 57 está ilustrada a relação entre os esquemas de aplicação dos vários temas da Rede de Transportes, com a *Air Transport Network* inclusive, através de um diagrama de classes UML.

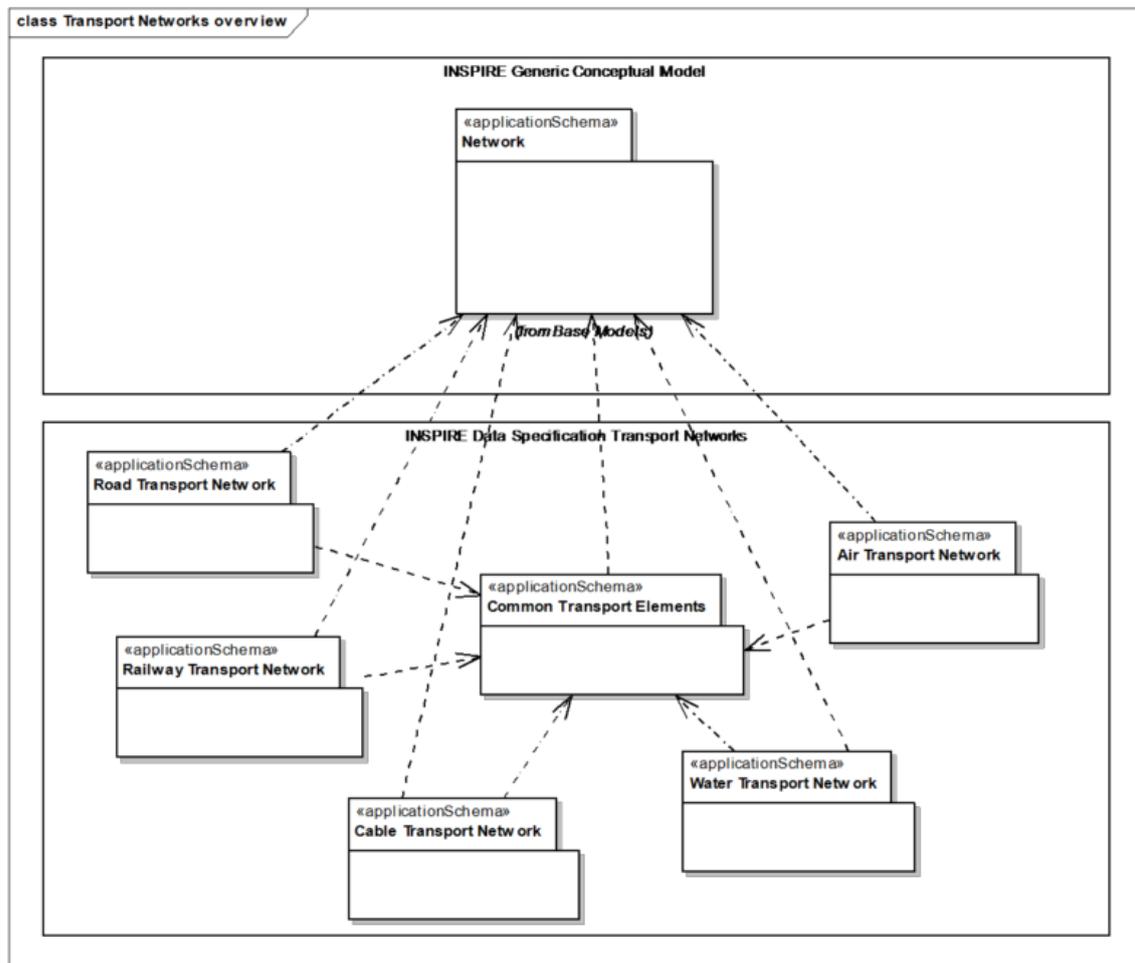


Figura 57 – Diagrama de classes UML - Relação entre os esquemas de aplicação dos vários temas da Rede de Transportes

Fonte: *INSPIRE Thematic Working Group Transport Networks*, 2014, p.14

O *Common Transport Elements Application Schema* define um número de classes próprias dos transportes. Essas classes são usadas para descrever propriedades dos elementos da Rede de Transportes e podem ser aplicadas a todos os elementos da rede ao qual estão associadas (*INSPIRE Thematic Working Group Transport Networks*, 2014).

As **principais características dos conjuntos de dados** da Rede de Transporte são (INSPIRE Thematic Working Group Transport Networks, 2014, p. 6):

- Eles contêm **informações de interesse específico** para o sector público no que diz respeito ao crescimento económico através de meios de transporte eficientes, segurança dos passageiros, impactos ambientais, planeamento social, etc;
- A informação é aplicável do **nível local ao nível europeu da operação**;
- Os dados representam uma **estrutura ou métodos de operação que são estáveis** ao longo do tempo (mesmo que partes do conteúdo dos dados sejam alteradas com frequência);
- Suporta **aplicações transfronteiriças** (Pan-Europeias);
- Fazendo parte da *European Spatial Data Infrastructure* os **dados podem ser mais facilmente usados com outros tipos de dados**, como nomes geográficos, unidades administrativas, etc;
- As **aplicações do sector privado** são extensas.

Os **principais aspetos definidos para os elementos** da Rede de Transporte são (INSPIRE Thematic Working Group Transport Networks, 2014, p. 23):

- **Espacial** - Representação geométrica (ponto, linha e superfície, ou seja, áreas) de vários elementos que fazem parte de uma rede. Geralmente, a rede é tratada como uma rede de elementos lineares ligados (*links*) com pontos opcionais (*nodes*) no final das redes (nos entroncamentos, finais de estrada, etc). Além disso, pontos e áreas com uma função na rede podem ser representados por um conjunto de dados.
- **Temporal** - Todos os elementos de uma rede podem ter uma validade temporal (ou seja, a descrição de quando o elemento da rede existe no mundo real) e também informações sobre quando os dados foram inseridos, modificados ou excluídos do conjunto de dados.
- **Temático** - Dependendo do subtema, as especializações dos nós, ligações e áreas podem ser caracterizados através de vários tipos de atributos e/ou subtemas específicos.

Estão publicados e disponíveis no documento “Data Specification on Transport Networks – Technical Guidelines” (2014) vários diagramas UML por forma a auxiliar a implementação desta metodologia, como os diagramas: **Esquema do aplicativo e as relações com o Generic Network Model (GNM)** representado na Figura 58 e os **Tipos de objetos espaciais, como as ligações, áreas e nós**, como ilustra a Figura 59.

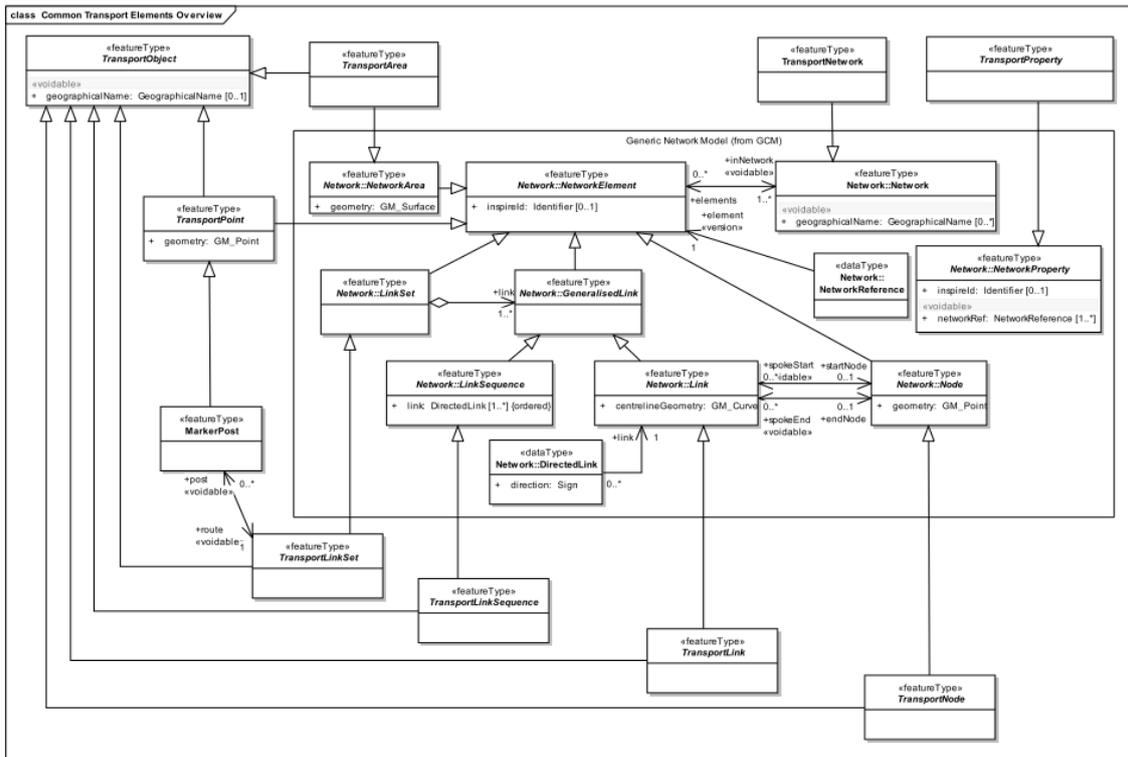


Figura 58 – Diagrama de classes UML - Visão geral do esquema do aplicativo Transport Networks e as suas relações com o GNM

Fonte: INSPIRE Thematic Working Group Transport Networks, 2014, p.25

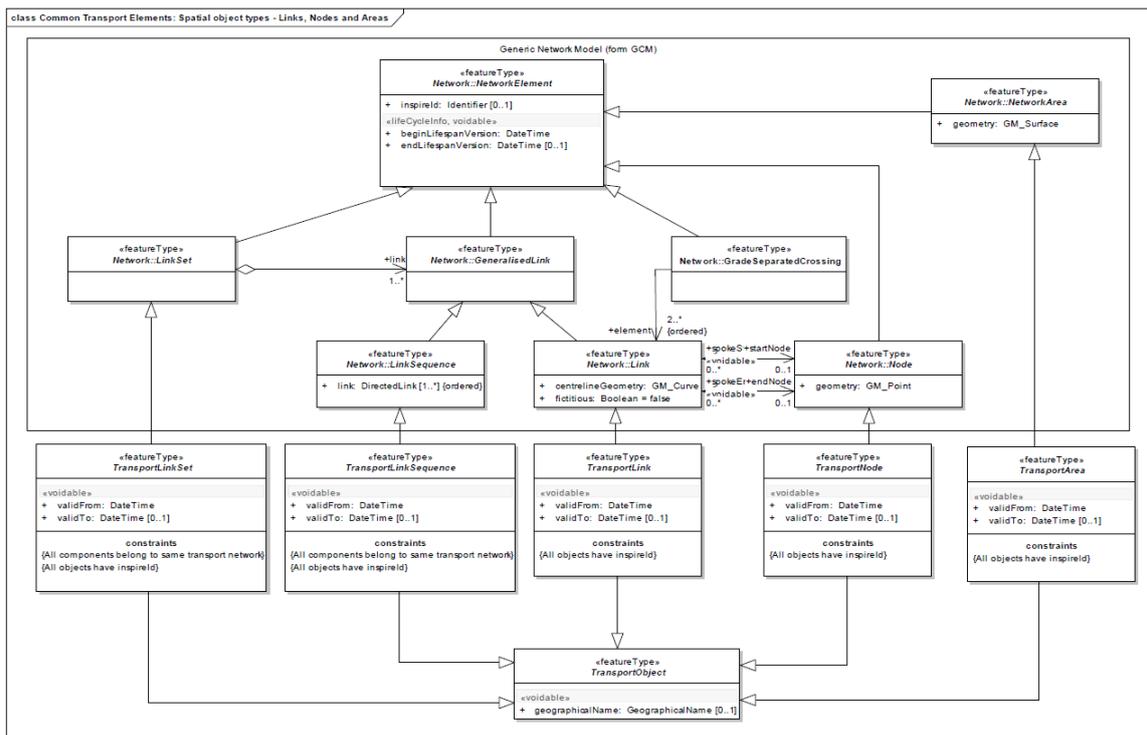


Figura 59 – Tipos de objetos espaciais – ligações, áreas e nós de Transporte

Fonte: INSPIRE Thematic Working Group Transport Networks, 2014, p.26

Todos os objetos espaciais na Rede de Transportes terão um identificador de objeto exclusivo, isso inclui os objetos espaciais que contêm geometria e os que não têm (por exemplo, objetos associados, objetos definidos por referência linear, etc).

O INSPIRE Thematic Working Group Transport Network (2014) faz várias recomendações:

- Os objetos do tema Redes de Transportes devem ser posicionalmente **consistentes** com objetos espaciais de outros temas;
- Todos os objetos espaciais associados ao tema Redes de Transportes devem usar a **referenciação do objeto associado a um conjunto de dados** de ligação de transportes em vez de duplicarem a geometria;
- Todos os objetos espaciais de centro de linha do tema Redes de Transportes devem usar a **referência dos objetos de área topográfica** para suportar a partilha de dados nos aplicativos e a **sincronização** que suporte as suas representações ao longo do tempo;

- A **referência linear** deve ser adotada para suportar a mudança de localização ou outros fenômenos ao longo da ligação. É usada para posicionar fenômenos ao longo de um objeto linear, usando uma distância desde o início do objeto linear;
- Uma **conexão intermodal** deve ser estabelecida entre nós das Redes de Transporte e deve sempre referenciar dois elementos que pertencem a diferentes redes;
- Nos dados da Rede de Transportes, os **nós de transporte** devem estar sempre presentes quer as ligações se conectem ou terminem;
- Quando possível, todos os objetos espaciais da Rede de Transportes devem ser fornecidos na **resolução de origem** (e precisão);
- **Resoluções de ordem inferior** devem derivar da representação da ordem mais alta da Rede de Transportes, e qualquer informação deve ser capturada uma vez e referenciada a cada representação geométrica;
- Se as informações sobre o início e o fim da existência dos elementos da Rede de transportes não forem mantidos como parte do conjunto de dados espaciais, todos os objetos espaciais pertencentes a esse conjunto de dados deverão fornecer um valor nulo com um motivo "*unknown*".

O Esquema das Redes de Transporte Aéreo (*Air Schema*) (Figura 60) utiliza uma ligação e uma estrutura de nós que representa as rotas aéreas usadas para transporte na forma de uma rede linear. **O *Air Schema* herda classes inerentes do *Common Transport Schema*, mas também cria as suas próprias classes para descrever propriedades da Rede Aérea, como o tipo de rota aérea e restrições que podem ser aplicadas a secções inteiras do elemento ou a subsecções da rede que podem ser descritas usando uma referência linear** (*INSPIRE Thematic Working Group Transport Networks*, 2014).

Os **principais aspetos modelados para os elementos da Rede Aérea** são (*INSPIRE Thematic Working Group Transport Networks*, 2014, p. 103):

- **Espacial** - Representação geométrica (ponto, linha e área topográfica) de vários elementos que fazem parte de uma rede. Normalmente, a rede é tratada como uma rede de elementos lineares conectados (*links*) com pontos (*nodes*) nas junções da rota aérea (geralmente sobre a posição de pontos significativos,

como auxiliares de navegação e pontos designados) ou nas extremidades das linhas (em aeródromos, aeroportos, heliportos). Também objetos reais com uma função na rede podem ser representados no conjunto de dados. A conectividade de rede dentro das estradas e redes ferroviárias (onde esta existe) é essencial, mas entre os elementos de outras redes é um aspeto espacial opcional.

- Estes elementos devem ser contemplados na proposta apresentada no ponto V.5.1, onde se apresentam as propostas das soluções SIG do SIDG-AIM;
- **Temporal** - Todos os elementos de uma rede podem ter uma validade temporal (ou seja, descrição de quando o elemento da rede existe no mundo real) e também informações opcionais sobre quando os dados foram inseridos, modificados ou excluídos no conjunto de dados.
  - Estes elementos devem ser contemplados na proposta apresentada no ponto V.5.1, onde se apresentam as propostas das soluções SIG do SIDG-AIM, nomeadamente para as componentes ePIB (*eletronic Pre-flight Information Bulletins*) e INO dNOTAM;
- **Temático** - O *Air Schema* pode ser exibido por meio de vários atributos definidos dentro da especificação, como a altitude.
  - Estes elementos devem ser contemplados na proposta apresentada no ponto V.5.1, onde se apresentam as propostas das soluções SIG do SIDG-AIM, principalmente para a componente eTOD.

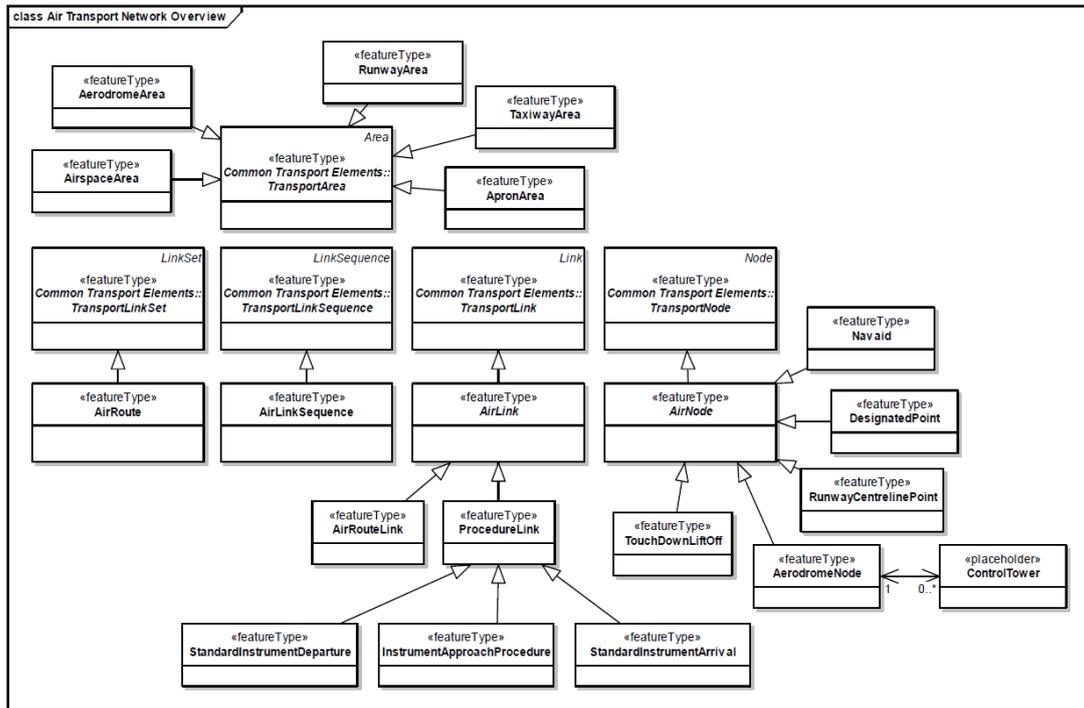


Figura 60 – UML class diagram: Visão geral do esquema de aplicativo das Redes de Transporte Aéreo

Fonte: INSPIRE Thematic Working Group Transport Networks, 2014, p.104

Por forma a fornecer um exemplo do uso de elementos que formam a Rede de Transporte Aéreo, a INSPIRE Thematic Working Group Transport Network (2014), ilustra na Figura 61 uma visão geral dos principais objetos desse rede.

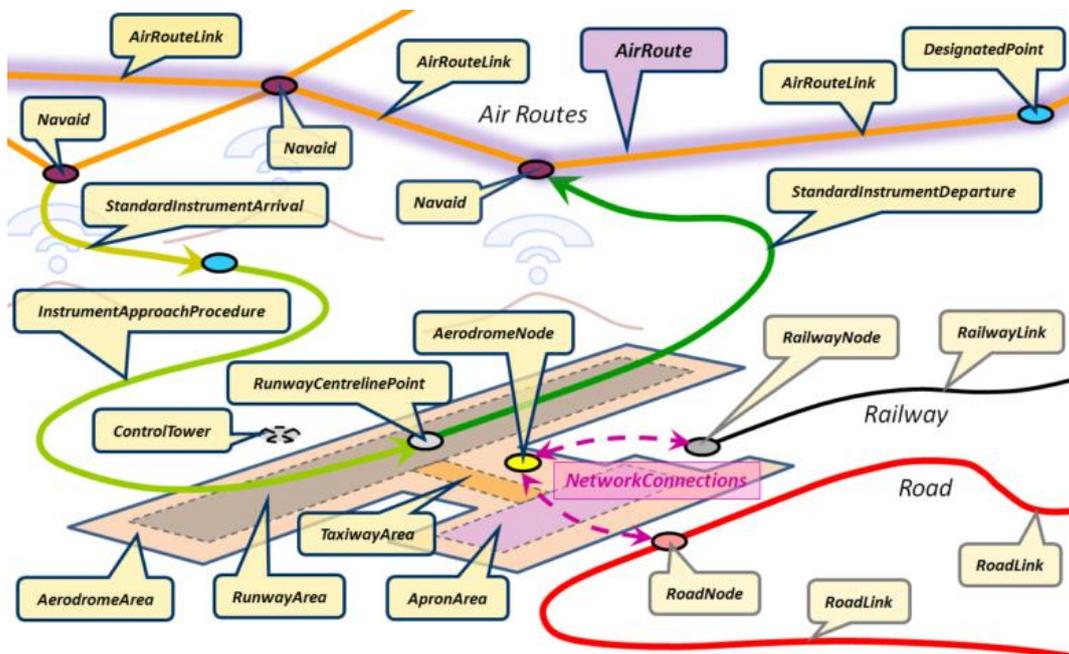


Figura 61 – Visão geral dos principais objetos da Rede de Transporte Aéreo

Fonte: INSPIRE Thematic Working Group Transport Networks, 2014, p.107

A proposta de modelo conceptual apresentada nesta tese tem como referênciã as recomendações da Diretiva INSPIRE aliada aos requisitos técnicos e procedimentos operacionais para os serviços de informação aeronáutica e gestão de informação aeronáutica publicados pela EASA (2017).

## IV. Estudo de caso: NAV Portugal

A NAV Portugal, E.P.E. (NAV) é uma pessoa coletiva de direito público, dotada de autonomia administrativa e financeira e de património próprio, estando sujeita à tutela e superintendência do Ministro das Finanças e do Ministro da Economia e do Emprego. Rege-se pelo Decreto-Lei nº 404/98, de 18 de Dezembro, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei nº 74/2003, de 16 de Abril, e pelos Estatutos da NAV Portugal, a ele anexos (NAV, 2017).

NAV é a empresa responsável pela prestação de serviços de tráfego aéreo em Portugal e pretende evoluir e posicionar-se no âmbito das tecnologias de informação emergentes em termos de ATM. A NAV ao desenvolver um sistema integrado de dados geoespaciais para o AIM, estará a responder às iniciativas europeias para o desenvolvimento de um sistema modernizado e de alto desempenho de infraestrutura de ATC, que vai permitir o desenvolvimento seguro e ambientalmente amigável do transporte aéreo.

A NAV exerce a sua atividade no Continente e Regiões Autónomas dos Açores e Madeira. Em Lisboa, na área do Aeroporto, está situado o Edifício-Sede, onde funcionam os Órgãos Centrais da Estrutura Orgânica, o Centro de Controlo de Tráfego Aéreo de Lisboa, onde estão instaladas direções da estrutura operacional e de projeto, e o Centro de Formação, que acolhe formação interna e externa (NAV, 2017).

Na Região Autónoma dos Açores, na Ilha de Santa Maria, localiza-se o Centro de Controlo Oceânico onde está instalada a Direção de Operações.

A Empresa opera Serviços de Navegação Aérea no Porto, Lisboa, Cascais, Faro, Ponta Delgada, Santa Maria, Horta, Flores, Funchal e Porto Santo, aos quais estão associadas instalações técnicas (estações de radar, rádio ajudas e comunicações) em vários pontos do Continente e Regiões Autónomas dos Açores e Madeira (NAV, 2017).

### IV.1 Missão e objeto

Constitui objeto principal da NAV Portugal, E.P.E., o serviço público de navegação aérea para apoio à aviação civil, assegurando a gestão, exploração e desenvolvimento dos **sistemas de navegação aérea**, nele se compreendendo os serviços de gestão de

tráfego aéreo e atividades com eles conexas e pelos mesmos exigidos, em cumprimento das normas de convenções internacionais ou de organizações internacionais de aviação civil de que Portugal seja respetivamente subscritor ou Estado membro<sup>64</sup>.

A NAV Portugal tem como missão prioritária a prestação de **Serviços de Tráfego Aéreo (ATS)** nas Regiões de Informação de Voo (RIV) sob a responsabilidade Portuguesa – Lisboa e Santa Maria, garantindo o cumprimento da regulamentação Nacional e Internacional nas melhores condições de Segurança, otimizando capacidades, privilegiando a eficiência e sem descurar preocupações ambientais.

## **IV.2 Historial**

“Até 31 de Dezembro de 1977, os aeroportos e a navegação aérea estiveram sob a gestão da Direcção-Geral da Aeronáutica Civil. Em 1 de Janeiro de 1978, a ANA - Aeroportos e Navegação Aérea, E.P. iniciou a sua atividade como gestora das infraestruturas aeroportuárias e da navegação aérea. Durante cerca de vinte anos, esta empresa pública introduziu transformações relevantes na atividade e na fiabilidade das infraestruturas aeroportuárias e de navegação aérea nacionais, elevando significativamente a qualidade do serviço prestado. Em 18 de Dezembro de 1998, com a publicação do Decreto-Lei n.º 404/98, foi criada a Empresa Pública Navegação Aérea de Portugal, NAV, E.P. pela separação das atividades aeroportuárias das atividades de navegação aérea, até então concentradas numa única empresa, a ANA, E.P. Um mês depois a Empresa estava a funcionar em pleno tendo a sua sede sido instalada no Edifício 121 junto ao Aeroporto de Lisboa. Em 16 de Abril de 2003, com a publicação do Decreto-Lei nº 74/2003, a NAV é transformada em Entidade Pública Empresarial e vê alterado o seu nome para NAV Portugal, E.P.E. o que lhe permite uma mais clara identificação junto dos seus interlocutores internacionais. Também são alterados os seus estatutos, adaptando-os ao regime jurídico do sector empresarial do Estado, aprovado pelo Decreto-Lei nº 558/99, de 17 de Dezembro” (NAV, 2017, p. 8).

---

<sup>64</sup> Decreto-Lei n.º 74/2003, de 16 de abril.

### IV.3 Áreas de Negócio

“No fim da Segunda Guerra Mundial, a ICAO delegou no Estado Português a jurisdição para a prestação de serviços de navegação aérea em duas extensas zonas, (...) denominadas Regiões de Informação de Voo (RIV), respetivamente a FIR<sup>65</sup> de Lisboa e a FIR de Santa Maria que, no seu conjunto, perfazem uma vastíssima área de espaço aéreo sobrejacente ao território continental e insular português, respetivas águas territoriais e alto mar, as quais totalizam a área de 5.133.036 Km<sup>2</sup>” (Policarpo, 2013, p. 35).

A Navegação Aérea organiza-se e desenvolve-se tendo como pano de fundo o controlo do tráfego aéreo nas RIV de Lisboa e de Santa Maria sob responsabilidade nacional (Figura 62). Para cumprir integralmente essa missão fundamental, a atividade da Navegação Aérea pressupõe, num âmbito mais vasto, a previsão, conceção, programação, instalação, gestão, exploração e manutenção dos sistemas e equipamentos que lhes estão afetos (NAV, 2017).

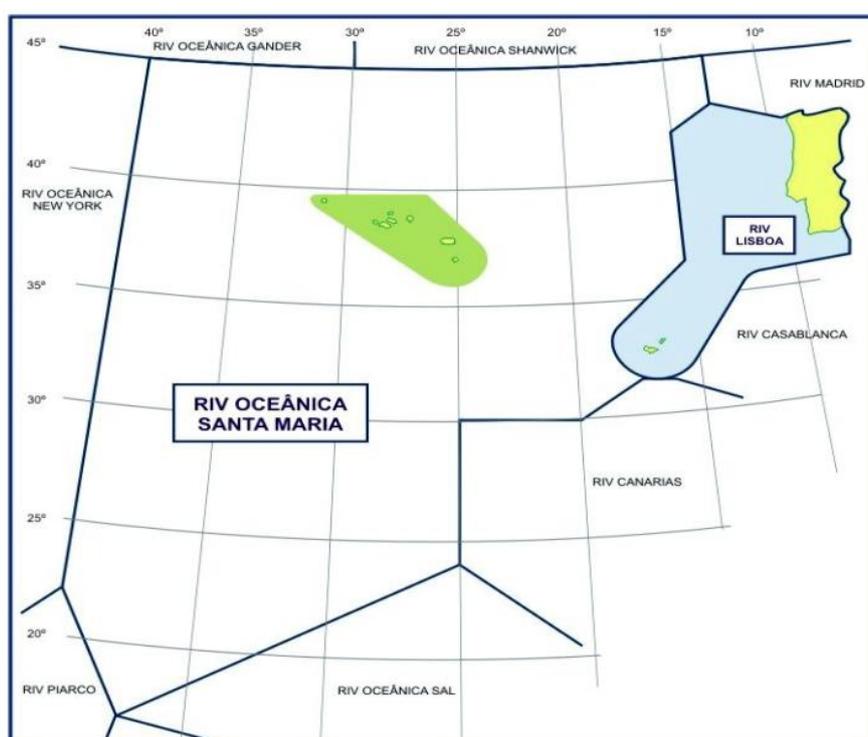


Figura 62 – Regiões de Informação de Voo de Lisboa e de Santa Maria

Fonte: NAV Portugal, 2017

---

<sup>65</sup> Flight Information Region

No que respeita aos serviços de navegação aérea, a proposta apresentada nesta tese incide no AIM, com o intuito de concetualizar um modelo que reúna os dados aeronáuticos e informação aeronáutica, e que permita a partilha atempada com outros sistemas da NAV Portugal, nomeadamente com o core em termos de áreas de negócio, o ATM como se ilustra na Figura 63.

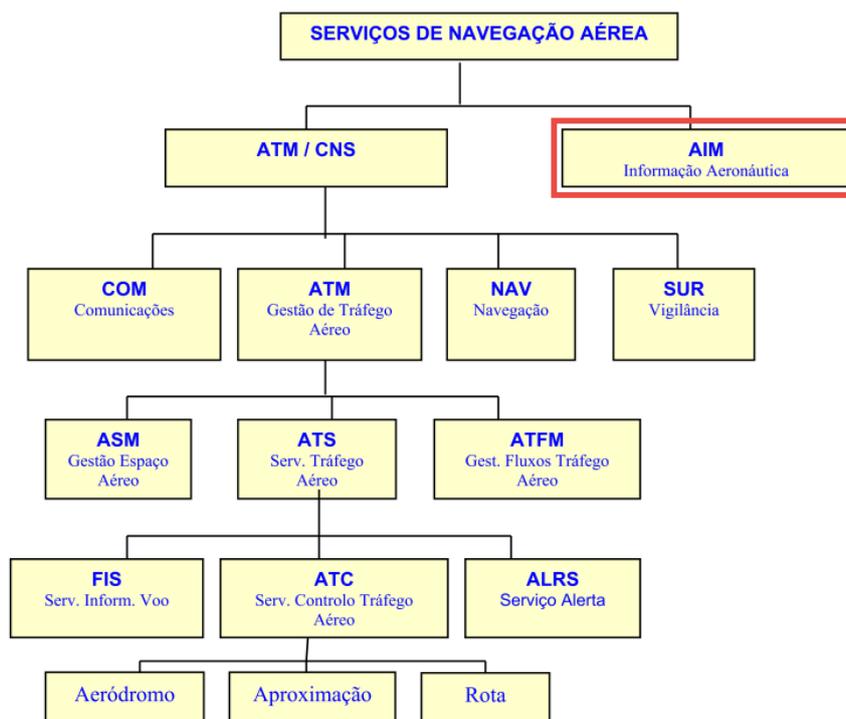


Figura 63 – Serviços de Navegação Aérea assegurados pela NAV Portugal

Fonte: Adaptado de NAV Portugal, 2017

#### IV.4 Evolução da tese no contexto NAV Portugal

O início desta tese coincidiu com a publicação em 2010 do regulamento 73 da EU, que estabelece os requisitos aplicáveis à qualidade dos dados aeronáuticos e da informação aeronáutica no Céu Único Europeu (vide ADQ I.3.1.3), posicionando o sector aeronáutico no âmbito da partilha de dados eletrónicos. É apresentada na Figura 64 a evolução da tese no contexto da NAV Portugal.

Em 2011, no ano curricular, foi fundamental a aquisição de conceitos em termos de AIM por forma a ser possível associar as TIG ao projeto de investigação. No ano seguinte ocorreram as reuniões/entrevistas (vide Anexo I) aos técnicos dos departamentos que originam ou usam dados aeronáuticos e informação aeronáutica, consolidando assim o conhecimento acerca das tipologias e constituintes dos AIS da NAV

Portugal. Em 2014, procedeu-se ao teste de *software* existente no mercado para AIM, conforme mencionado no ponto II.2.6.3, utilizando para o efeito exemplos no formato AIXM. Neste mesmo ano, efetuaram-se as visitas ao *Area Control Centre* (ACC) de Lisboa e ao Centro de Controlo Oceânico (CCO) em Santa Maria nos Açores. Estas visitas tiveram como intuito acompanhar as operações de controlo de tráfego aéreo por forma a preparar o modelo concetual SIDG-AIM em termos de *data users*.

Em 2017, foi necessário readaptar a investigação de acordo com as novas recomendações da EASA, com a publicação da NPA 2016-02 (mas ainda não vinculativo), com a simplificação do processo de implementação do ADQ, com os requisitos técnicos e procedimentos operacionais para AIS e AIM.

Na fase final da tese, efetuou-se um questionário *online* (vide Anexo II) aos potenciais utilizadores da informação partilhada pelo SIDG-AIM, com o objetivo de perceber junto dos *data users* (eg. Controladores de Tráfego Aéreo, Pilotos de Linha Aérea e os Técnicos de Informação e Comunicações Aeronáuticas), a opinião acerca da implementação de um sistema desta natureza, tendo em consideração o projeto SES e a transição AIS para AIM. Relativamente aos Controladores e TICA a divulgação foi efetuada via *intranet* na NAV Portugal. Quanto aos Pilotos de Linha Aérea e outros, foi possível através da divulgação junto da Associação Portuguesa Pilotos Linha Aérea (APPLA), após contacto com o Sr. Comandante Miguel Silveira (Presidente da APPLA) e o Sr. Comandante Luis Esteves (*Director Flight Operations* da TAP Portugal) que tiveram a amabilidade de responder a este pedido de imediato. Foi ainda efetuada uma entrevista ao Sr. Comandante Miguel Silveira, Piloto de Linha Aérea há mais de 30 anos, por forma a perceber a expectativa, por parte de um piloto com esta experiência, relativamente aos sistemas atualmente utilizados a bordo das aeronaves face ao que se perspetiva no futuro após a implementação de sistemas de partilha de dados aeronáuticos e informação aeronáutica em tempo real através de ligações diretas às aeronaves (*data link*), permitindo consolidar as considerações finais desta tese.



Figura 64 – Evolução da tese no contexto NAV Portugal

#### IV.5 Posicionamento da NAV Portugal face às orientações ICAO

A NAV Portugal tem em curso dois projetos, a Transição do AIS para o AIM (ponto II.3) e o eTOD (abordado na proposta de modelo concetual) que se inserem no cumprimento de orientações ICAO aplicadas à evolução da informação aeronáutica e determinam a emergência de um sistema integrado de dados aeronáuticos que permita a disponibilização de novos serviços e produtos em formato eletrónico (NAV, 2018b, p. 1).

A solução a adotar terá de permitir um serviço de troca e partilha de dados em formato eletrónico compatível com as soluções adotadas pela NAV Portugal para:

- Conceção, gestão e desenho de procedimentos e espaço aéreo;
- Produção de cartas aeronáuticas;
- Base de dados de informação aeronáutica integrada (AIS);
- Base de dados eTOD;
- Produtos e serviços AIS (eAIP, NOTAM, PIB).

A solução a adotar deverá ainda ter em consideração as necessidades decorrentes do Plano de Transição AIS para o AIM (ponto II.3), nomeadamente no que se refere à implementação de:

- Soluções SIG que suportem a produção e a disponibilização de cartas aeronáuticas em formato eletrónico (*eChart*) e dados cartográficos de aeródromo;
- NOTAM digital (dNOTAM);
- Boletins de informação antes de voo em formato digital, o ePIB (NAV, 2018b).

Todos os sistemas, constituintes ou ferramentas da NAV Portugal que utilizem dados aeronáuticos deverão ser subordinados aos requisitos de interoperabilidade definidos pelo Regulamento (UE) 73/2010, nos artigos 4º e 5º, nomeadamente no respeitante às especificações para o conjunto de dados (anexo I do ADQ) e formatos de intercâmbio de dados aeronáuticos (anexo II do ADQ), e aos requisitos técnicos e procedimentos operacionais para serviços de informação aeronáutica e gestão da informação aeronáutica, recomendados pela EASA na NPA 2016-02, em 2017, no que respeita a alterações ao Regulamento (EU) 73/2010 com novas propostas de implementação (NAV, 2017).

#### **IV.6 Levantamento dos requisitos dos sistemas da NAV Portugal com relevância para o SIDG-AIM.**

No seguimento do levantamento dos sistemas da NAV Portugal com particular incidência nos serviços de navegação aérea na componente de informação aeronáutica.

As componentes, sistemas e subsistemas identificados como relevantes, foram:

- Procedimentos e Espaço Aéreo
- *Electronic Terrain and Obstacle Database (eTOD)* – em estado de implementação, considerado somente no capítulo V, no âmbito da proposta de modelo concetual.
- Produção de Cartas Aeronáuticas (CHP)
- Base de Dados AIXM (*Static Data Operation - SDO*)
- Provisão do Serviço de Informação Antes do Voo (PIB)
- *International NOTAM Operation (INO)*
- *Electronic Aeronautical Information Publication (eAIP)*
- *Published AIP Management System (PAMS)*

#### IV.6.1 Procedimentos e Espaço Aéreo

Na tabela infra apresenta-se um resumo das principais características do Procedimentos e Espaço Aéreo.

Tabela 15 – Resumo das principais características dos Procedimentos e Espaço Aéreo

Características	Descrição
<b>Objetivos</b>	<p>Desenvolvimento de estudos relativos ao espaço aéreo e procedimentos.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Espaço Aéreo:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Configuração do espaço aéreo e rotas;</li><li>○ Análise de capacidades;</li><li>○ Viabilidade;</li></ul></li><li>• Procedimentos:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Chegadas e saídas de aeródromos;</li><li>○ Ambiente e Ruído (para minimizar);</li></ul></li></ul> <p>Tem ainda como ónus os processos de:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Aeródromos;</li><li>• Construção de edifícios (pareceres);</li><li>• Eventos (ex: Rock in Rio).</li></ul> <p>Relativamente à responsabilidade pelo desenho, validação e manutenção de procedimentos de voo visuais e por instrumentos seguros e eficientes, considera-se o seguinte:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Conceber e rever todos os tipos de procedimentos de voo visuais e por instrumentos autorizados pela chefia;</li><li>• Realizar tarefas relacionadas com procedimentos definidas pela chefia ou pelo Técnico Sénior;</li><li>• Preparar a validação em voo de procedimentos novos ou alterados;</li><li>• Emitir pareceres no âmbito da sua especialidade técnica;</li><li>• Avaliar o impacto de obstáculos artificiais e atividades perigosas nos procedimentos de voo por instrumentos;</li><li>• Avaliar os requisitos de espaço aéreo para proteger procedimentos de voo IFR e inputs técnicos no processo de desenho do espaço aéreo;</li><li>• Preparar os procedimentos desenvolvidos, para submissão de aprovação pela ANAC e para publicação pelo DESICA;</li></ul>

Características	Descrição
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer e manter contactos de excelentes relações de trabalho e cooperação com clientes internos e externos;</li> <li>• Apresentar soluções que atinjam ou excedam eficazmente as expectativas dos requisitos dos clientes;</li> <li>• Aderir ao sistema de gestão da qualidade em vigor na NAV;</li> <li>• Garantir que o trabalho efetuado está isento de erros e documentado apropriadamente de acordo com os prazos definidos;</li> <li>• Sugerir melhorias para os processos de qualidade internos e métodos de trabalho para uma melhor eficiência e controlo da qualidade;</li> <li>• Monitorizar o seu próprio desempenho e procurar oportunidades de desenvolvimento pessoal;</li> <li>• Monitorizar proativamente desenvolvimentos a nível internacional na área da navegação aérea e das normas e práticas recomendadas ICAO e procurar formas de melhoria do desempenho pessoal e da equipa de trabalho.</li> </ul>
<b>Tecnologia de base</b>	AutoCAD MAP 2016 (*.DWG <sup>66</sup> ).
<b>SGBD</b>	Não aplicável.
<b>Interface Desktop:</b>	AutoCAD MAP 2016
<b>Interface Web:</b>	Não aplicável.
<b>Módulos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PHX 16.0 (sobre AutoCAD MAP)</li> <li>• DQTS - Data Quality Tool Set (Access)</li> <li>• GeoTitan (sobre MicroStation), [pouco usado]</li> </ul>
<b>Informação armazenada</b>	<p>Informação sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pontos significativos</li> <li>• Espaço Aéreo</li> <li>• Rotas</li> <li>• Procedimentos</li> <li>• Obstáculos</li> <li>• Radioajudas</li> </ul>

---

<sup>66</sup> Extensão de arquivos de desenho em 2D e 3D nativa do *software* AutoCAD

<b>Características</b>	<b>Descrição</b>
<b>Entidade(s) responsáveis pela implementação.</b>	ASAP s.r.o.
<b>Outra Informação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O PHX permite a importação e exportação do formato AIXM 4.5 e 5.1.;</li> <li>• O PHX exporta para KML para utilizadores comuns da informação (se necessário).</li> </ul>

#### IV.6.2 Produção de Cartas Aeronáuticas (CHP)

Na tabela infra apresenta-se um resumo das principais características da Produção de Cartas Aeronáuticas.

Tabela 16 – Resumo das principais características da Produção de Cartas Aeronáuticas

Características	Descrição
<b>Objetivos e funcionalidades</b>	<p>A produção de Cartas Aeronáuticas no ambiente EAD é usada para gerar e manter cartas aeronáuticas sediadas na qualidade de dados estáticos. Parâmetros como especificações de cartas, definições elipsoidais e simbolização são usados e mantidos em terminais <i>ECIT</i><sup>67</sup> <i>Charting DP</i>. A produção de Cartas nestes terminais é assistida por funcionalidades de produção de cartas (e.g. cálculo automático de dados geográficos e determinação de sistemas de projeções). O subsistema de produção de cartas é baseado no produto COTS<sup>68</sup> MicroStation/SmartGlobe (NAV, 2009).</p> <p>A produção de cartas contempla também as projeção de dados aeronáuticos.</p>
<b>Tecnologia de base</b>	MicroStation V8i SELECTSeries 3 (*.DGN <sup>69</sup> )
<b>SGBD</b>	Ligação ao SDO.
<b>Interface Desktop:</b>	MicroStation.
<b>Interface Web:</b>	Não aplicável
<b>Módulos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>smartGlobe</i><sup>®</sup> <i>Aeronautical Charting</i> (módulo para elaboração de cartas aeronáuticas)</li><li>• <i>MapTrans</i> (módulo de projeção de dados geográficos)</li></ul>
<b>Informação armazenada</b>	Informação sobre: <ul style="list-style-type: none"><li>• Pontos significativos</li></ul>

<sup>67</sup> *EAD Client Interface Terminal*

<sup>68</sup> *Comerciais, off-the-shelf*

<sup>69</sup> DGN (design) é o nome usado para formatos de arquivos CAD suportados pelos programas CAD da Bentley Systems, MicroStation e Intergraph's Interactive Graphics Design System (IGDS). O formato DGN é usado em projetos de construção, incluindo edifícios, rodovias, pontes, plantas de processo, construção naval. O DGN é um formato concorrente do DWG da Autodesk.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espaço Aéreo</li> <li>• Rotas</li> <li>• Procedimentos</li> <li>• Obstáculos</li> <li>• Radioajudas</li> </ul>
<b>Entidade(s) responsáveis pela implementação.</b>	<p>A produção de cartas aeronáuticas é executada pela equipa técnica alocada à DESICA, departamento da NAV Portugal dedicado ao desenvolvimento de sistemas de informação e cartografia aeronáutica.</p> <p>O módulo <i>smartGlobe® Aeronautical Charting</i> V6.5.1 foi desenvolvido e implementado pela <i>NedGraphics</i><sup>70</sup>.</p> <p>O módulo <i>Map Trans</i> V6.5.1 foi desenvolvido e implementado pela <i>NedGraphics</i>.</p>
<b>Outra Informação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A gestão destes módulos em termos de conteúdo muito complexa, sendo suportada pelo procedimento operacional “PO-17.05 – Produção de Cartas Aeronáuticas (CHP DP)”, parte integrante do Processo Operativo “POP-17 – Prestação de Serviços AIM”.</li> <li>• A informação primária é acedida através do Sistema de Gestão de Informação Aeronáutica (SGIA).</li> <li>• Os ficheiros são partilhados em rede (servidor).</li> <li>• A interface <i>SmartGlobe</i> permite a ligação entre o <i>Microstation</i> e o SDO, recorrendo a réplicas da BD.</li> <li>• As configurações são gravadas nos servidores GroupEAD<sup>71</sup>.</li> <li>• As cartas aeronáuticas produzidas pela NAV Portugal, corresponde a 363 cartas referentes ao AIP e 182 cartas do Manual VFR (MVFR), perfazendo um total de 545.</li> </ul>

<sup>70</sup> Empresa holandesa pertencente ao *Cadac Group Company* dedicada ao desenvolvimento de software especializado em tecnologias de geoinformação.

<sup>71</sup> Fornecedor único de serviços de navegação e AIM que opera o EAD em nome da Eurocontrol desde 2003.

#### IV.6.3 Provisão do Serviço de Informação Antes do Voo (PIB)

Na tabela infra apresenta-se um resumo das principais características da Provisão do Serviço de Informação Antes do Voo (*Pre-flight Information Bulletin* - PIB).

Tabela 17 – Resumo das principais características da Provisão do Serviço de Informação Antes do Voo (PIB)

Características	Descrição
Objetivos	<p>A Provisão do Serviço de Informação Antes do Voo é assegurada pelos serviços AIS da NAV Portugal num processo em que concorrem de forma mista o ambiente funcional EAD e atividades que dependem exclusivamente dos recursos e organização interna da NAV Portugal:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Provisão PIB – Critérios de integridade e segurança assegurados pelo subsistema INO DU;</li><li>• Provisão de documentação de natureza estática (<i>Integrated Aeronautical Information Package</i> - IAIP) - Utilização de recursos da EAD (Data User-PAMS/SDO): Cobertura ECAC - Utilização de livreria eletrónica/papel de responsabilidade local: Zona de cobertura definida em função das necessidades de cada <i>Air Traffic Services Reporting Office</i> (ARO).</li></ul> <p>As vertentes de segurança associadas à responsabilidade local do AIS da NAV Portugal constituem-se enquanto atividades ligadas a:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Disponibilização permanente;</li><li>• Informação atualizada;</li><li>• Controlo de disrupções ou corrupção de informação.</li></ul> <p>O AIS da NAV Portugal <b>propõe-se atingir este objetivo eliminando progressivamente processos associados a atualizações não eletrónicas e visando o objetivo geral de dotar os ARO de uma livreria eletrónica</b> que complemente a área de cobertura do <i>Published AIP Management System</i> (PAMS/EAD), (NAV, 2009).</p>
Tecnologia de base	JAVA (CS - EAD explorer).
SGBD	Oracle - Ligação à EAD.

Características	Descrição
Interface Desktop:	Não.
Interface Web:	JAVA.
Módulos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PIB - <i>Pre-flight Information Bulletin</i> (EAD)</li> <li>• NOTAM</li> </ul>
Informação armazenada	<p>Informação sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pontos significativos</li> <li>• Espaço Aéreo</li> <li>• Rotas</li> <li>• Procedimentos</li> <li>• Obstáculos</li> </ul> <p>Radioajudas</p>
Entidade(s) responsáveis pela implementação.	GroupEAD
Outra Informação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta atividade é suportada pelo procedimento operacional “PO-17.08 – Administração de Rotas e Perfis para Extração de PIB”, parte integrante do Processo Operativo “POP-17 – Prestação de Serviços AIM”;</li> <li>• Tem ligação ao SDO;</li> <li>• Em <i>background</i> dispõe de ferramentas automáticas de geoprocessamento como <i>buffer</i> (gera área de 5 NM em redor dos aeródromos) e <i>Intersect</i> (aeródromos com FIR), mas sem hipótese de acesso para configuração;</li> <li>• Os pedidos de “PIB Adhoc” são preenchidos através de aplicação específica;</li> <li>• Os tipos de PIB são: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Aeródromo;</li> <li>○ Area;</li> <li>○ <i>Route</i>;</li> </ul> </li> </ul>

Características	Descrição
	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="679 259 1367 349">○ <i>Narrow route</i> (Permite a visualização no mapa das rotas).</li><li data-bbox="584 383 1367 517">● Permite o envio para os endereços <i>Aeronautical Fixed Telecommunication Network</i> (AFTN). Ex: ZTZX "Control tower", mas não envia para email.</li><li data-bbox="584 551 1367 584">● A exportação é efetuada para: HTML, XML, TXT e PDF.</li></ul>

#### IV.6.4 International NOTAM Operation (INO)

Na tabela infra apresenta-se um resumo das principais características da *International NOTAM Operation (INO)*.

Tabela 18 – Resumo das principais características do *International NOTAM Operation (INO)*

Características	Descrição
<b>Objetivos</b>	<p>As funções do INO asseguram as seguintes funcionalidades:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Manutenção de Dados Básicos;</li><li>• Criação e extração de NOTAM, SNOWTAM, ASHTAM e BIRDTAM;</li><li>• Extração de PIB (<i>Pre-flight Information Bulletin</i>);</li><li>• Gestão de rotas e perfis PIB;</li><li>• Disponibilização gráfica de informação NOTAM;</li></ul> <p>Todo o sistema é dotado de um conjunto de níveis de validação sintático-semântica assegurador de níveis de integridade dos dados. Adicionalmente, alguns tipos de dados processados pelo INO (e.g. pistas, ajudas rádio, categorias de espaço aéreo, rotas ATS, pontos significativos, SID/STAR) são validados pelo SDO, de forma a assegurar a sua consistência (coerência e integridade) e evitar a publicação duplicada de informação (NAV, 2009).</p>
<b>Tecnologia de base</b>	Java (CS - EAD explorer).
<b>SGBD</b>	Oracle - Ligação à EAD (Frankfurt).
<b>Interface Desktop:</b>	Não.
<b>Interface Web:</b>	Sim (java).
<b>Módulos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• PIB - <i>Pre-flight Information Bulletin</i> (EAD)</li><li>• NOTAM</li></ul>
<b>Informação armazenada</b>	<p>Informação sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Pontos significativos</li><li>• Espaço Aéreo</li><li>• Rotas</li></ul>

<b>Características</b>	<b>Descrição</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimentos</li> <li>• Obstáculos</li> <li>• Radioajudas</li> </ul>
<b>Entidade(s) responsáveis pela implementação.</b>	GroupEAD
<b>Outra Informação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O arquivo é efetuado através do Sistema de Gestão de Informação Dinâmica (SGID), desenvolvido internamente.</li> </ul>

#### IV.6.5 Static Data Operation (SDO)

Na tabela infra apresenta-se um resumo das principais características do *Static Data Operation* (SDO).

Tabela 19 – Resumo das principais características do SDO

Características	Descrição
<b>Objetivos</b>	<p>O subsistema SDO disponibiliza:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Facilidades para a introdução e verificação de informação aeronáutica de natureza estática requerida para a execução atempada e segura das operações de voo;</li><li>• <i>Data backbone</i> para a eficiente operação do INO, AIP e <i>Charting</i>;</li><li>• Ferramentas de validação e reporte gráficos;</li><li>• Dados adicionais de interesse comum para os clientes.</li></ul> <p>A base de dados SDO é baseada num modelo AIXM que contém entidades como Aeródromos / Heliportos, Rádio Ajudas, Pontos Referenciais, Rotas, Procedimentos, Espaço Aéreo, Dados de Organização / Autoridade, Serviço e Obstáculos.</p> <p>O mecanismo para coordenar e verificar a atualização de dados da operação <i>data provider</i> é definido como <i>Slot Management</i>. Os níveis de verificação inerentes a este mecanismo mantêm a integridade da base de dados, desenvolvendo diferentes níveis de verificação e separando do ponto de vista lógico as diferentes atualizações até que a consistência seja estabelecida.</p> <p>O conjunto de atualizações de dados correlacionados, carregados no SDO <i>data provider</i> é gravado enquanto <i>Private Slot</i>. Um conjunto de <i>Private Slot</i> com a mesma data de efetividade é designado por <i>Public Slot</i>. Uma vez aceite o <i>Slot</i> é disponibilizado a todos os utilizadores.</p> <p>Os níveis de verificação no SDO DP estão hierarquizados em três categorias (<i>input form checks</i>; <i>private slot checks</i> e <i>public slot checks</i>) e garantem aos serviços, nomeadamente ao AIS de Portugal enquanto parte integrante do <i>environment</i> EAD, uma consistência, integridade e precisão igual ou superior à estabelecida no Anexo 15,</p>

Características	Descrição
	bem como os objetivos de redução e controlo de publicação de informação incorreta ou da sua publicação com atrasos (NAV, 2009).
<b>Tecnologia de base</b>	Oracle.
<b>SGBD</b>	Ligada à EAD.
<b>Interface Desktop:</b>	Sim.
<b>Interface Web:</b>	Versão EAD Basic, para utilizadores externos: <a href="https://www.ead.eurocontrol.int/publicuser/public/pu/login.do">https://www.ead.eurocontrol.int/publicuser/public/pu/login.do</a>
<b>Módulos</b>	Não aplicável.
<b>Informação armazenada</b>	Modelo de dados AICM - AIXM 4.5 (entidades e atributos) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aeródromo</li> <li>• NAVAID</li> <li>• Pontos (designados e <i>aeronautical ground light (beacon)</i>)</li> <li>• Rotas</li> <li>• Procedimentos</li> <li>• Espaço aéreo</li> <li>• Obstáculos</li> <li>• Organizações (autoridades e unidades)</li> </ul>
<b>Entidade(s) responsáveis pela implementação.</b>	GroupEAD Frequentis
<b>Outra Informação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Outro subsistema SDO GV (graphical Validation): <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Visualizador de informação geográfica, para verificação.</li> </ul> </li> <li>• Sistema de Gestão para as emendas (gestão dos slots);</li> <li>• Subsistema <i>Data User Application Access</i>: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ SDO Reporting, etc...</li> <li>○ Subsistema Helpdesk (<i>EAD Service desk</i>):</li> </ul> </li> <li>• Coordenação da gestão dos <i>slots</i> (com datas e características, ...);</li> <li>• Pedidos de slots para manuais VFR, emendas;</li> </ul>

Características	Descrição
	<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="592 271 1359 383">• O sistema devolve as áreas (TMA<sup>72</sup>, CTR<sup>73</sup>, ...) já desenhadas com base nas coordenadas carregadas na BD, provenientes do ESAPRO<sup>74</sup>;</li><li data-bbox="592 394 1359 427">• Está previsto migrar para AIXM 5.1.</li></ul>

---

<sup>72</sup> *Terminal Control Area.*

<sup>73</sup> *ConTRol zone.*

<sup>74</sup> Espaço Aéreo e Procedimentos.

#### IV.6.6 *Eletronic Aeronautical Information Publication (eAIP)*

Na tabela infra apresenta-se um resumo das principais características da *Eletronic Aeronautical Information Publication (eAIP)*.

Tabela 20 – Resumo das principais características do *Eletronic Aeronautical Information Publication (eAIP)*

Características	Descrição
<b>Objetivos</b>	<p>A AIP de Portugal constitui a publicação aeronáutica nacional de referência. A AIP contém informação relativa à organização, operação e localização de aeródromos, rádio ajudas e facilidades, bem como qualquer informação pertinente à segurança dos voos no espaço aéreo.</p> <p>O sistema de produção eAIP permite a gestão, produção e manutenção e disponibilização de informação de natureza estática num formato que permite o intercâmbio e disponibilização eletrónica da informação (NAV, 2018a).</p> <p>O subsistema AIP é baseado num produto <i>COTS Frame APS/XML</i>. O <i>Frame APS/XML</i> é baseado no <i>Adobe FrameMaker</i> com extensões que permitem a criação e modificação de:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Documentos em formatos eAIP (e.g GEN, ENR, AD)</li><li>• <i>Aeronautical Information Circular (AIC)</i> e eAICs</li><li>• SUP e eSUPs (AIRAC e Não AIRAC)</li><li>• Emendas ao AIP (AIRAC e Não AIRAC)</li></ul> <p>Nota: O AIS de Portugal processa um eAIP (estruturado de acordo com a nomenclatura AICM) no formato HTML com criação automática de PDFs.</p> <p>Estes documentos usam uma réplica da BD SDO que pode ser cruzada com os documentos AIP de forma a possibilitar a sua publicação. Este cruzamento determina uma atualização automática dos documentos AIP durante o processo de <i>Generation of a New Document</i> (NAV, 2009).</p> <p>Outros documentos produzidos no âmbito do subsistema:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Checklist de eSUPs</i> (AIRAC e Não AIRAC) ativos.</li></ul>

Características	Descrição
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Checklist de eAICs</i> ativas numa determinada data de efetividade.</li> </ul>
<b>Tecnologia de base</b>	<i>Adobe FrameMaker.</i>
<b>SGBD</b>	Oracle - Ligação à EAD.
<b>Interface Desktop:</b>	Sim.
<b>Interface Web:</b>	Não aplicável.
<b>Módulos</b>	<i>Plugin APS.</i>
<b>Informação armazenada</b>	AIP, AIP Amendments (AMDT), SUP, AIC, Charts, eAIS package.
<b>Entidade(s) responsáveis pela implementação.</b>	GroupEAD.
<b>Outra Informação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tem funcionalidade de edição (<i>Check in/check out</i>)</li> <li>• Cartas aeronáuticas: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Técnicos da cartografia geram o PDF.</li> <li>○ Carrega ficheiro PDF no servidor (por referência).</li> </ul> </li> <li>• SDO: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Carregamento da informação com acesso à EAD; <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Por exemplo: para atualizar as coordenadas de um AD, podemos fazer um <i>data link</i>. (não sendo um procedimento linear).</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

#### IV.6.7 Published AIP Management System (PAMS)

Na tabela infra apresenta-se um resumo das principais características do *Published AIP Management System (PAMS)*.

**Tabela 21 – Resumo das principais características do Published AIP Management System (PAMS)**

Características	Descrição
<b>Objetivos</b>	<p>O sistema PAMS constitui um <b>repositório eletrônico da AIP, publicações associadas e cartas aeronáuticas de um número significativo de países</b>, permitindo o armazenamento das publicações nacionais e a visualização e impressão de todos documentos publicados (NAV, 2018a).</p> <p>O subsistema PAMS é responsável pelo armazenamento, visualização e impressão de documentos publicados, incluindo:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• AIPs: GEN; ENR e AD</li><li>• SUPs</li><li>• Emendas AIP</li><li>• AICs, <i>AIC Checklist</i></li><li>• Cartas aeronáuticas integrantes da AIP</li><li>• Pacotes eAIS (contendo versões específicas de AIPs eletrônicos) compreendendo ficheiros de texto HTML, árvore estruturada em cascata e ficheiros gráficos (GIF, PNG, SBG, PDF, JPG, etc.), ficheiros XML e Java Script (NAV, 2009).</li></ul>
<b>Tecnologia de base</b>	Java (CS - EAD explorer).
<b>SGBD</b>	Oracle.
<b>Interface Desktop:</b>	Não aplicável.
<b>Interface Web:</b>	Java.
<b>Módulos</b>	Aplicação Java <b>CS - EAD Explorer</b> : <i>common services</i> . SDO; AIP; PAMS; Data User (user); LRI ( <i>legal record investigation</i> ); SDO GV; <i>Webmail</i> ; <i>Helpdesk</i> ; IFS ( <i>internet file system - world</i> ); NOTAM Ticker; CI (corporate identity, logos, etc); CRC (criptação de ficheiros); <i>Help</i> .
<b>Informação armazenada</b>	AIP, AMDT, SUP, AIC, Charts, eAIS package.

Características	Descrição
Entidade(s) responsáveis pela implementação.	GroupEAD.
Outra Informação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Data provider</i> (alterar documentos);</li> <li>• <i>Data user</i>;</li> <li>• Visualizar a validade dos documentos (não emite alertas, devido ao conhecimento antecipado das datas AIRAC);</li> <li>• Ferramentas de <i>report</i> em XLS;</li> <li>• Versão PDF e HTML;</li> <li>• Ferramentas de pesquisa: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ AIP, AMDT, SUP, AIC, Charts, eAIS <i>package</i>.</li> </ul> </li> <li>• SUP (não tem <i>checklist</i>): <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Exemplo “obras” podem ser emitidos vários NOTAM...referência cruzada;</li> <li>○ O acesso aos NOTAM têm de ser feitas através de outra aplicação “Data User”.</li> </ul> </li> <li>• AIC (tem <i>checklist</i>);</li> <li>• <i>Charts</i> (só PDF): Aérodromos (AD) e rotas (ENR).</li> </ul>

## IV.7 Arquitetura dos atuais sistemas AIS da NAV Portugal

Com base no levantamento efetuado ao longo do tempo de elaboração da tese, junto da equipa da NAV Portugal, ilustra-se na Figura 65 a arquitetura dos sistemas AIS atuais da NAV Portugal com relevância para o futuro AIM. No esquema apresentado, estão identificados os utilizadores dos produtos e serviços, tanto ao nível das publicações AIS, como provisão do serviço de informação antes e pós-voos.

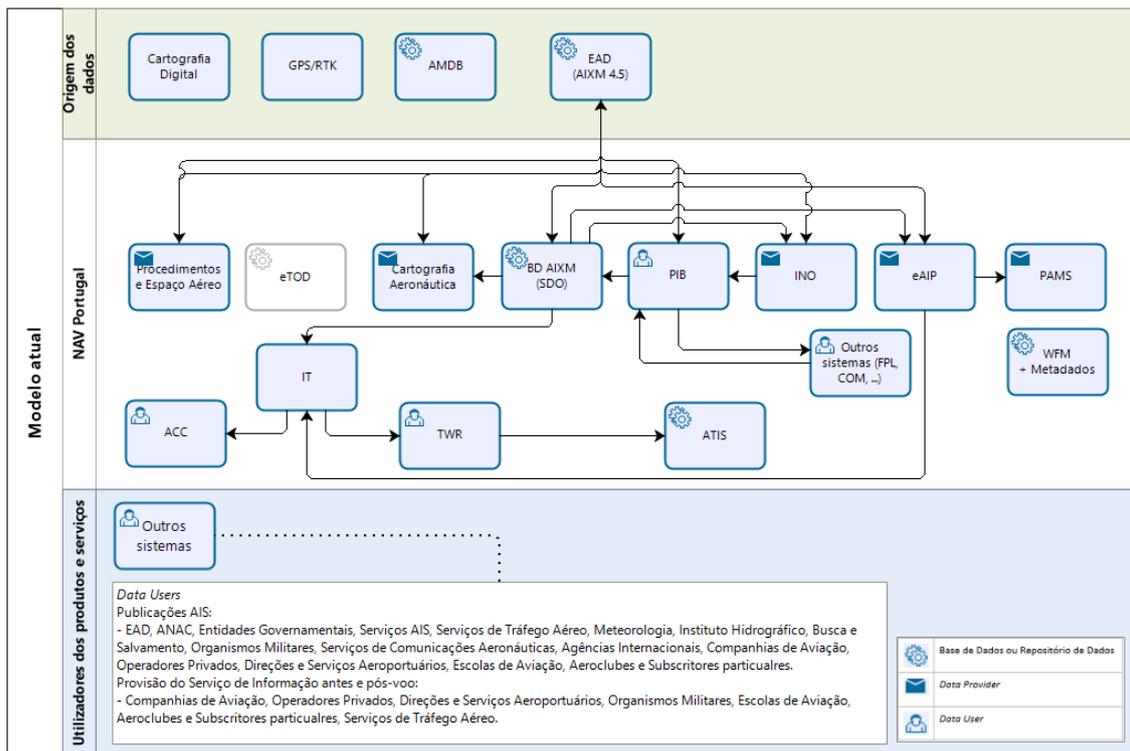


Figura 65 – Arquitetura dos atuais sistemas AIS considerados da NAV Portugal.

Atualmente, e no que se refere à **origem dos dados**, estes provêm de fontes como: cartografia digital, levantamentos topográficos terrestres convencionais, com recurso a equipamentos de *Global Positioning System* (GPS) em *Real Time Kinematic* (RTK) e às Bases de Dados AMDB e EAD.

A **cartografia digital** e os **levantamentos topográficos** provêm de entidades externas, como o Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE), ANA Aeroportos e outras entidades privadas certificadas e contratadas para o efeito.

Quanto à informação proveniente de **Bases de Dados**, a NAV Portugal não tem acesso direto à AMDB, devido ao facto de alguns sistemas ainda não estarem

implementados (eg. eTOD), estando em fase de descrição das especificações técnicas. Quanto à EAD, a NAV Portugal tem acesso e ligação, como ANSP, a este recurso através da plataforma CS - EAD explorer, desenvolvida e implementada pelo GroupEAD, neste momento com o AIXM na versão 4.5, como referido no ponto II.2.6.3.

A grande maioria dos sistemas e subsistemas alvo de levantamento no âmbito desta tese, têm ligação à **EAD**, via ECIT, como CHP, INO, eAIP e PAMS, como *data provider* e PIB como *data user* (ponto IV.6).

As CHP, o INO e o AIP têm ligação ao SDO, o PIB tem ligação ao INO e o eAIP tem ligação ao PAMS para depósito de informação publicada.

Os **ACC** e as **TWR**, nos seus sistemas, têm acesso à informação aeronáutica proveniente do SDO, INO e eAIP, mas esta informação tem de sofrer adaptações, filtros e transformações por parte da equipa de **IT** da NAV Portugal que permite a projeção dos dados por forma a que os técnicos de controlo de tráfego aéreo tenham acesso à informação para controlar as movimentações no aeródromo, através da TWR ou em rota através dos ACC de Lisboa ou Santa Maria. Alguma informação NOTAM recebida na TWR é gravada no *Automatic Terminal Information Service (ATIS)*, que permite o fornecimento automático de informações atuais e de rotina para as aeronaves que aterram e levantam voo ao longo de 24 horas ou uma parte específica das mesmas:

*“Data link-automatic terminal information service (D-ATIS). The provision of ATIS via data link.*

*Voice-automatic terminal information service (Voice-ATIS). The provision of ATIS by means of continued and repetitive voice broadcasts” (ICAO Doc 4444: PANS-ATM in Skybrary, 2018).*

Outros sistemas da NAV Portugal, como por exemplo a “funcionalidade para a produção e gestão de Planos de Voo integrada no subsistema EAD Data User” (NAV, 2018b, p. 3), têm ligação ao PIB.

A NAV Portugal tem implementado o **Workflow Management tool (WFM)** que tem como objetivo assegurar a gestão e a transferência eletrónica de dados entre o originador de dados e os Serviços AIS, assegurando a manutenção dos registos e

metadados associados a todas as transações durante todo o ciclo de vida dos dados (NAV, 2018b), estando este sistema em fase de implementação.

Neste momento a **ligação ao exterior** é efetuada através do acesso via internet ao domínio AIS <https://www.nav.pt/ais>. Alguns módulos do sítio AIS exigem registo na plataforma, como ilustra a Figura 66. Vide a Figura 67 exemplificando o acesso ao eAIP.



Figura 66 – Acesso ao eAIP via internet

Fonte: NAV Portugal, 2018



Figura 67 – eAIP Portugal

Fonte: NAV Portugal, 2018

#### IV.7.1.1 Conclusões sobre a arquitetura dos atuais sistemas e impactos no SIDG-AIM

Com base nestes factos, foi possível elaborar uma análise SWOT<sup>75</sup>, por forma a identificar os **fatores internos**, com os pontos fortes (S), pontos fracos (W), e os **fatores externos** com as Oportunidades (O) e Ameaças (T), como se descrevem na Tabela 22.

Tabela 22 – Análise SWOT aos sistemas da NAV Portugal com relevância para o SIDG-AIM

	<b>Pontos Fortes (S)</b>	<b>Pontos Fracos (W)</b>
<b>Fatores Internos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A NAV Portugal dispõe de alguma tecnologia que já permite importar e exportar para o formato AIXM;</li> <li>• Multiplicidade de tecnologias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multiplicidade de tecnologias;</li> <li>• Dependência da utilização de tecnologias CAD;</li> <li>• Fraca integração ao nível dos vários sistemas, nomeadamente CAD com BD;</li> <li>• Não existe integração de sistemas entre os Procedimentos e Espaço Aéreo e a BD AIXM (SDO) e as Cartas Aeronáuticas;</li> <li>• A comunicação via AIXM só é efetuada com a EAD, e não é efetuada internamente;</li> <li>• Não existe uma Base de Dados Geográfica centralizada;</li> <li>• Inexistência de ferramentas de análise quantitativa e qualitativa da informação, como por exemplo as ferramentas de geoprocessamento para relatórios;</li> <li>• Falta de Recursos Humanos (RH), para execução, validação e verificação;</li> <li>• Resistência à mudança por parte dos RH.</li> </ul>
	<b>Oportunidades (O)</b>	<b>Ameaças (T)</b>
<b>Fatores Externos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta especialização dos RH ao nível de conhecimentos de informação aeronáutica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O módulo para elaboração de cartas aeronáuticas, é demasiado arcaico para as novas exigências do sector para a cartografia aeronáutica;</li> <li>• Fraca especialização dos RH ao nível de tecnologias SIG e Bases de Dados Geográficas;</li> <li>• Resistência à mudança por parte dos RH.</li> </ul>

<sup>75</sup> O termo SWOT é uma sigla oriunda do idioma inglês, e é um acrónimo de Forças (Strengths), Fraquezas (Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) e Ameaças (Threats).

## V. PROPOSTA DE MODELO CONCEPTUAL DO SIDG-AIM

“A palavra modelo provém do italiano *modello*, uma derivação do Latim *modulus*, cuja raiz é *modu* que significa medida, o que confere ao conceito de modelo um teor de avaliação e de rigor. Mas falar-se de modelos para análise do território, implica falar de modelos em Geografia e, conseqüentemente, da sua importância no fazer Geografia, assim como dos problemas que foram persistindo, desde que os modelos foram usados de forma constante e sistemática nos estudos geográficos até à actualidade” (Morgado, 2010, p. 121).

Transpondo para a análise do espaço aéreo, implica falar de modelos em Geografia Aeronáutica, e conseqüentemente, da sua importância em organizar, estruturar e operacionalizar dados aeronáuticos e informação aeronáutica, tanto ao nível do terreno como do espaço aéreo.

“O recurso aos modelos como forma de analisar, compreender, representar e explicar a natureza das interações e dinâmicas dos sistemas decorrentes do espaço geográfico, continua hoje tão fundamental, quanto o foram os modelos matemáticos da década de 1960” (Wilson, 2000:60 in Morgado, 2010, p. 122).

Neste capítulo é apresentada a proposta de uma estrutura conceptual do SIDG aplicado à AIM, através dos procedimentos operacionais atuais, em desenvolvimento e também os previstos em regulamentação própria e de acordo com o *roadmap* ICAO de transição de AIS para AIM (desenvolvido no ponto II.3).

### V.1 Conceitos fundamentais

Morgado (2010) refere que outros autores (Ackoff et al)<sup>76</sup> defendem que os modelos podem ser vistos como icónicos, análogos e simbólicos, em que cada um deles representa um grau maior de abstracção da realidade (Figura 68). Nesta perspectiva, os modelos de dados podem ser classificados de acordo com o **nível de abstracção**:

---

<sup>76</sup> Citado por Haggett, 1965 in *Locational Analysis in Human Geography*. London. Edward Arnold:19.

- **Nível do mundo real:** Contém os fenómenos geográficos reais a representar, tais como rios, ruas, topografia, uso do solo, etc.;
- **Nível conceptual:** Componente teórica onde se descreve o Mundo real a partir de um conjunto de conceitos formais com os quais as entidades geográficas podem ser modeladas;
- **Nível de apresentação:** Oferece as ferramentas com as quais se pode especificar os diferentes aspetos visuais que as entidades geográficas têm de assumir ao longo do seu uso nas diferentes aplicações. É ainda neste nível que são definidas as categorias e classes de dados, o tipo de variáveis (contínuas ou discretas) e que são desenhadas as BD;
- **Nível de Operacionalização:** Define os padrões, as formas de armazenamento e as estruturas de dados a aplicar. É ainda nesta fase que se definem os tipos de relações entre as camadas de informação geográfica, as funções necessárias e os métodos utilizados (Morgado, 2010).

Tal como Haggett e Ackoff, também (Longley, Goodchi, Ld, Maguire, & Rhind, 2011) propõem uma forma de classificar os modelos de acordo com os níveis de abstracção:

- **Modelos concetuais** (mais descritivos e orientados para serem compreensíveis por todos);
- **Modelos lógicos** (menos generalistas, mas já detalhando níveis ou camadas de informação e a forma como se devem cruzar por etapas do modelo) e,
- **Modelos físicos** (abstratos e unicamente orientados para a sua operacionalização computacional). (Longley *et al*, 2001).



Figura 68 – Níveis de abstracção dos modelos

Fonte: Adaptado de Morgado, 2010

## V.2 Modelo concetual do SIDG-AIM

Com base no levantamento do estado da arte do AIS da NAV Portugal, utilizado como Estudo de Caso, no que respeita às suas componentes (capítulo IV), nomeadamente relativo a tecnologia e sistemas, informação, procedimentos operacionais e recursos humanos, foi possível desenhar uma proposta de um modelo concetual para munir a NAV Portugal de um documento auxiliar, que permita estabelecer orientações estratégicas e agregar fontes, para a futura implementação de um sistema que integre dados geoespaciais aplicados à gestão de informação aeronáutica, tendo em conta soluções SIG.

O SIDG-AIM não é um “pacote” de *software* propriamente dito, mas sim um conjunto de soluções baseadas em TIG que permitem agilizar e automatizar o Processo Operativo de Prestação de Serviços AIM da NAV Portugal, como se ilustra na Figura 69.

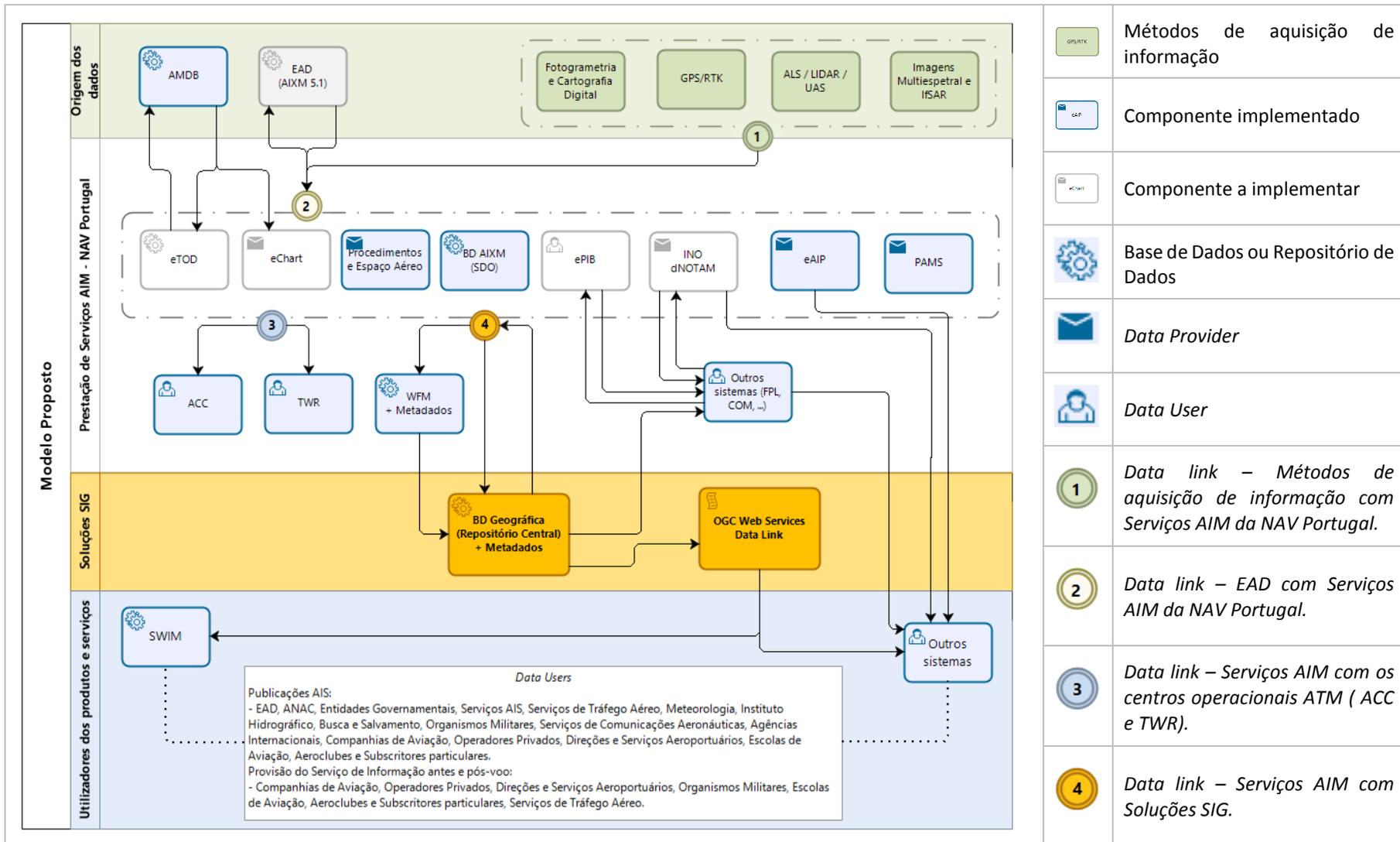


Figura 69 – Esquema do modelo conceitual do SIDG-AIM.

Na proposta apresentada, o esquema é dividido em 4 dimensões:

<p style="text-align: center;"><b>Origem dos dados</b></p> <p style="text-align: center;">De onde provêm os dados aeronáuticos que integram os sistemas e subsistemas de prestação de serviços AIM da NAV Portugal.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Prestação de Serviços AIM – NAV Portugal</b></p> <p style="text-align: center;">Representação dos sistemas e subsistemas e componentes da prestação de serviços AIM da NAV Portugal.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Soluções SIG</b></p> <p style="text-align: center;">São enunciadas recomendações práticas no âmbito das TIG para processar a informação proveniente desses sistemas e providenciar junto dos <i>data users</i>, tanto internos como externos, em formatos interoperáveis e acessíveis a qualquer plataforma ou sistema compatível.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Utilizadores dos produtos e serviços</b></p> <p style="text-align: center;">Repositório de dados aeronáuticos e informação aeronáutica da indústria aeronáutica a nível global (SWIM) e outras aplicações.</p>

De seguida são descritas as dimensões essenciais à conceção do SIDG-AIM na ótica da interoperabilidade exigida neste âmbito.

### V.3 Origem dos dados

A obtenção dos dados para o SIDG-AIM faz-se através do acesso à AMDB e EAD, já na sua versão AIXM 5.1.

O aumento progressivo deste tipo de atividades numa organização, muitas vezes automatizadas, em detrimento das atividades manuais, deve-se a um conjunto variado de fatores:

- Urgência no tratamento de informação;
- Quantidade de informação a manipular;
- Diversidade de fontes de informação;
- Complexidade da informação a manipular;
- Necessidade de conhecer cenários alternativos;

- Velocidade de reação/capacidade de resposta;
- Fiabilidade e segurança do sistema (Gouveia & Ranito, 2004).

**Importa assim frisar que, no que respeita à diversidade de fontes de informação, é necessário decidir assertivamente qual o melhor método de aquisição de informação e planear muito bem como o fazer, para salvaguardar a validade dos dados e a componente económica implícita.**

Neste ponto são apresentados alguns métodos de aquisição de informação pertinentes para a atividade de prestação de serviços AIM da NAV Portugal, nas suas diversas dimensões e de acordo com os sistemas e subsistemas já implementados e a implementar.

#### *V.3.1 Aerodrome mapping database (AMDB)*

A *Aerodrome mapping database* (AMDB) deverá conter toda a informação geográfica referente às infraestruturas aeroportuárias (aeroportos e aeródromos), considerando:

- A disposição espacial de um aeroporto;
- A geometria de recursos (por exemplo, pistas, caminhos de circulação, edifícios) representados como pontos, linhas e polígonos;
- Informações caracterizando as entidades geográficas e as suas funções, que são armazenadas como atributos (por exemplo, tipo de superfície, identificador do nome ou objeto, a inclinação da pista, etc) (EUROCONTROL, 2013b).

A AMDB descreve a realidade do aeródromo através de informações geográficas e geométricas organizadas como um conjunto de dados estruturados, são outro exemplo significativo de armazenamento eletrónico de informações aeronáuticas que fornecem suporte importante para a produção de cartas aeronáuticas. Os dados de mapeamento de aeródromos aprofundam a realidade do aeródromo e consistem em características e atributos que são descritos como pontos, linhas ou polígonos. Dando exemplo concretos, temos os limites de pista, *taxiways*, linhas de orientação de *taxiway*, áreas de estacionamento, etc (ICAO, 2016b).

Este tipo de BD dispõe de um modelo de dados específico, o *Aerodrome Mapping Exchange Model* - AMXM.

#### V.3.1.1 *Aerodrome Mapping Exchange Model* - AMXM

O AMXM consiste no modelo AMXM UML e num esquema XML AMXM derivado. O esquema é uma especificação ISO/OGC GML3.2 para troca de dados AMDB. Permite a partilha de dados do AMDB de acordo com os requisitos da EUROCAE/RTCA. Em combinação com o OGC WFS, ele pode ser usado para criar serviços de informações do SWIM para dados do AMDB. Os dados de origem podem, por exemplo, estar disponíveis no formato personalizado SIG, por exemplo em shapefile (\*.shp), no formato OGC GML, por exemplo em AIXM5.1, e transformados em AMXM XML *Schema* (EUROCONTROL, 2018b).

Os dados das AMDB são produzidos e trocados como conjuntos de dados usando padrões globais e ferramentas SIG. Um conjunto de dados AMDB descreve o *layout* geoespacial de um aeródromo em termos de recursos (eg. *runway, taxiway, parking stands*) com geometria descrita como pontos, linhas ou polígonos e com atributos (eg. tipo de superfície) fornecendo informações adicionais (EUROCONTROL, 2018b).

As AMDB podem ser usadas numa ampla variedade de aplicativos. Os aplicativos *on-board* atuais são destinados principalmente a melhorar o conhecimento da situação do piloto para a navegação de superfície, aumentando assim as margens de segurança e a eficiência operacional. Vários grupos de utilizadores beneficiam do uso das AMDB, como pilotos, controladores, gestores de aeródromos e pessoal de emergência/segurança de aeródromos (EUROCONTROL, 2018b).

Em termos de **interoperabilidade** as AMDB integram dados nos formatos: AIXM, DWG (AutoCAD), DGN (Microstation), *Geodatabase* (ArcGIS) e GeoPDF, permitindo a exportação para AIXM 5.1, *shapefiles* (SIG aberto), GeoTIFF e PDF (AERONAVDATA, 2012). O exemplo da Figura 70 representa um modelo baseado numa *Geodatabase* em ArcGIS do Aeroporto de Kuala Lumpur (Malásia).

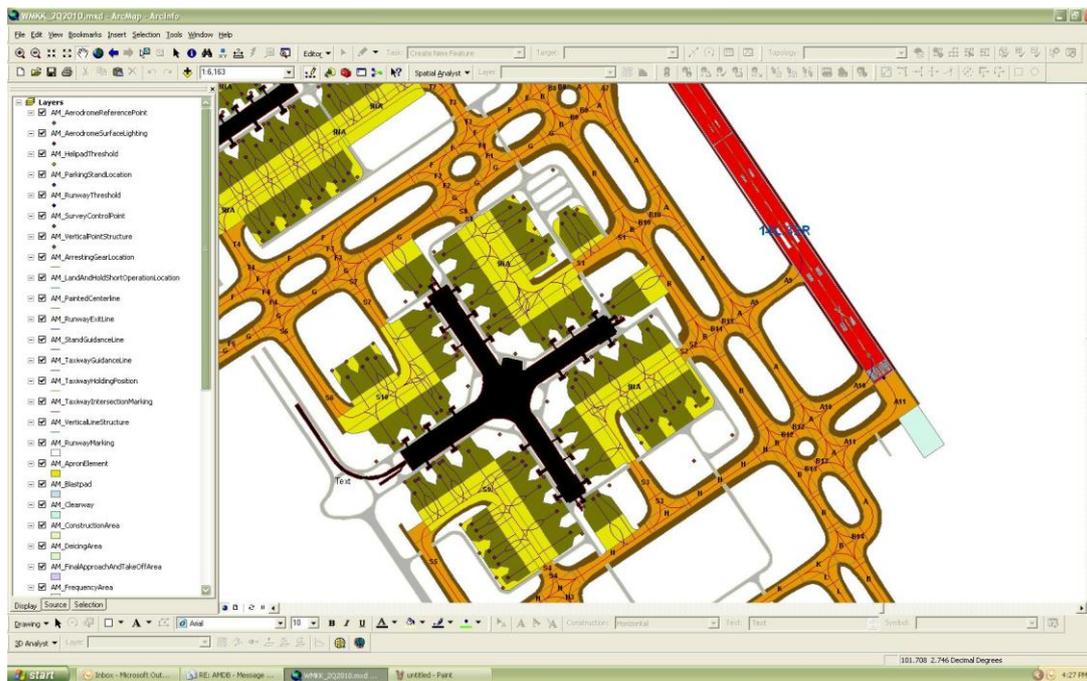


Figura 70 – Airport Mapping Database (AMDB) do Aeroporto Kuala Lumpur em SIG

Fonte: Stewart, 2002

### V.3.2 European AIS Database (EAD)

A European AIS Database (EAD) é uma base de dados de referência centralizada que garante a qualidade da informação aeronáutica para os utilizadores do espaço aéreo, e é uma solução de serviços de informação aeronáutica integrada disponível aos prestadores de serviços fornecida pelos estados membros da EUROCONTROL.

A EAD é o maior AIS do mundo, corresponde a uma BD de referência centralizada de informações aeronáuticas de qualidade garantida e, simultaneamente, uma solução AIS de última geração totalmente integrada. É uma solução mais segura, rápida, precisa e económica do que métodos mais antigos e não harmonizados de recolha e entrega de dados de AIS. Além disso, aumenta a disponibilidade e acessibilidade das informações do AIS. A EAD oferece acesso instantâneo, às informações aeronáuticas digitais mais atualizadas da área da *European Civil Aviation Conference* (ECAC), NOTAM, e PIB de todo o mundo (EUROCONTROL, 2018c).

EAD é um repositório único e centralizado de informação aeronáutica. Melhora a qualidade dos dados aeronáuticos usando padrões internacionais e procedimentos rigorosos de verificação de dados, incluindo validação e verificação em profundidade.

Existem dois tipos de clientes que usam a EAD: *Data Providers* e *Data Users* (EUROCONTROL, 2018c) que se descrevem na Tabela 23.

Tabela 23 – Utilizadores da EAD

EAD Data Providers	EAD Data Users
<p>Os <i>Data providers</i> usam a BD para manter e distribuir diretamente as suas próprias informações aeronáuticas. Mantêm o controlo total e direitos de propriedade intelectual sobre as informações que inserem no EAD.</p> <p>Os <i>EAD Data Providers</i> incluem:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizações AIS nas autoridades da aviação civil, prestadores de serviços de navegação aérea (ANSPs) e administrações militares da área da Conferência Europeia da Aviação Civil (CEAC);</li> <li>• Organizações designadas que mantêm dados que não são da responsabilidade das agências nacionais.</li> </ul>	<p>Os <i>Data users</i> consultam e descarregam dados ou publicações aeronáuticas e geram relatórios a partir da EAD.</p> <p>Os <i>EAD Data users</i> incluem:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Data providers</i>;</li> <li>• Operadores de aeronaves;</li> <li>• Organizações internacionais;</li> <li>• Pilotos privados;</li> <li>• Usuários comerciais;</li> <li>• O público em geral.</li> </ul>

O SIDG-AIM, deverá estabelecer ligação aos dados partilhados nesta base de dados europeia, através do modelo de dados de informação aeronáutica (AIXM), desenvolvido no ponto II.2.6.3.

### V.3.3 Métodos de aquisição de informação

A história da Geografia, entre outros aspectos, é também marcada pela criação, adaptação e apuro de técnicas de observação e registo de dados, cujos valores acrescentados para o conhecimento da Gea não estão muitas vezes em relação directa com o seu grau de complexidade, seja em termos técnicos, seja em termos de custos. A importância da observação em Geografia, seja directa ou indirecta, de fontes primárias ou secundárias, é inegável. É através da observação que se concretiza a aquisição de dados necessários à interpretação, com resultados incorporados nos conteúdos e

formatações dos produtos geográficos que mais vulgarmente traduzem as relações do seu objeto de estudo: os Mapas (Dias, 1991 in Prazeres, Oliveira, & Duro, 2015).

Neste ponto apresentam-se os métodos de aquisição de informação diversificados e pertinentes para a área de negócio abordada nesta tese, com recurso a fotogrametria e cartografia digital, a levantamentos terrestres convencionais com GPS em tempo real (RTK), Airborne Laser Scanning (ALS), Unmanned Aerial Services (UAS), Imagens de satélite multiespectrais e Interferometric Synthetic Aperture Radar (IfSAR).

#### V.3.3.1 Fotogrametria Aérea e Cartografia Digital

Fotogrametria Aérea é uma técnica de levantamento que é usada há vários anos, cujo desenvolvimento mais recente neste campo é principalmente no que diz respeito a câmaras digitais e *scanners*. O tamanho do *pixel*, ou seja, a resolução espacial, é o fator dominante na seleção dos parâmetros de voo, para garantir que os requisitos técnicos sejam cumpridos.

O requisito mais restritivo para a aquisição de obstáculos (por exemplo) por fotogrametria é o tamanho mínimo dos obstáculos que devem ser capturados. Para capturar objetos muito finos (por exemplo, antenas, lâmpadas de rua, etc.), a escala de imagem deve ser maior do que nos voos de pesquisa tradicionais. Isso requer uma altura de voo menor. Com um nível de voo mais baixo, a resolução espacial resultante ( $x, y, z$ ) será muito maior do que a solicitada. Obviamente, os custos de aquisição de dados para dados de terreno e obstáculos são maiores do que para aplicações tradicionais (Eurocontrol, 2015).

Com relação aos dados de terreno e obstáculos, por exemplo, a fotogrametria pode ser usada para as seguintes tarefas:

- Mapeamento do Terreno;
- Mapeamento de Obstáculos;
- Validação de dados do Airborne Laser Scanning (ALS).

A cartografia digital, composta por modelos numéricos topográficos (MNT) ou modelos numéricos cartográficos (MNC), provem da fotogrametria aérea, por métodos de restituição fotogramétrica, onde se digitaliza ou se transpõe informação para vetor num ambiente digital sobre pares estereoscópicos (fotografias aéreas orientadas), isto

é, fotogramas georreferenciados. Um dos produtos desta metodologia são os ortofotomapas, que são fotogramas onde é possível efetuar medições e utilizar como camada de referência em ambiente SIG.

Os MNT e MNC podem ser fornecidos em diversas escalas, dependendo do pormenor e do tipo de cartas a elaborar ou atualizar. As mais comuns para a elaboração de cartografia aeronáutica, são à escala 1:250 000 para cartas de aproximação e descolagem, embora fosse recomendável a utilização da cartografia 1:250 000, com os devidos filtros de camadas associadas ao tipo de carta a elaborar. A escala 1:2 000 deverá ser utilizada no âmbito de cartografia associada aos aeródromos e heliportos.

#### V.3.3.2 Levantamento terrestre convencional (GPS/RTK)

Tradicionalmente, os técnicos que utilizam este método de levantamento usam estações totais e GPS para medir ou projetar pontos na terra. A tecnologia GPS permite uma precisão para cerca de  $\pm 10$  mm na horizontal e  $\pm 20$  mm na vertical. Para tal é necessário que um receptor GPS de base e um receptor GPS móvel comuniquem entre si para mitigar os erros dos satélites por forma a obter uma medição precisa. Os receptores GPS móveis já podem usar redes de estações base disponíveis publicamente ligando-se pela internet (LandairSurveys, 2014).

O uso do levantamento terrestre convencional para aquisição de dados é muitas vezes ineficiente devido à visibilidade limitada de um ponto de vista (seja devido a obstruções em áreas urbanas ou devido a um alcance limitado de medição em campo aberto). Por exemplo, existe o risco de não obter reflexão do obstáculo (fino) alvo, mas do que está por trás dele. É difícil detetar tais medições erróneas durante a aquisição de dados, já que nenhum dado adicional é usado para validação em tempo real (Lasnier, 2010). Lasnier refere ainda que as medições de GPS/RTK não são adequadas para a aquisição de dados de obstáculos, devido à necessidade de se aceder a cada obstáculo a ser alvo de levantamento.

Comparado ao mapeamento de obstáculos, **o levantamento terrestre convencional é muito mais eficiente para a aquisição de dados do terreno**. Embora o número de pontos adquiridos por dia de trabalho ainda seja muito menor do que qualquer técnica de mapeamento aéreo, **o levantamento terrestre tem a vantagem de**

**distribuir os pontos de maneira desigual, com foco em *breaklines* e elevações pontuais, reduz significativamente a quantidade de dados levantados.** O modelo de terreno pode então ser derivado dos pontos e *breaklines* levantados, construindo uma rede de triângulos irregulares, os modelos *Triangulated Irregular Network* (TIN) (Lasnier, 2010).

Em vários estudos, a possibilidade de montar uma antena GPS num carro (operado no modo RTK) para aumentar a eficiência do levantamento foi examinada. Embora os resultados sejam promissores, com relação à precisão alcançada, este método não atende às necessidades dos dados aeronáuticos porque os pontos mais altos são acedidos apenas aleatoriamente de carro. Em áreas florestais e urbanas com edificado alto, os dados do terreno não podem ser recolhidos de maneira muito eficiente com o GPS, devido à visibilidade limitada do satélite e à intensidade do sinal (Lasnier, 2010).

Todos os dados de levantamentos devem ter como referência o WGS-84 (I.2.2.1.6), conforme especificado nas disposições da ICAO referidas no anexo III, ponto 2 do ADQ (Comissão Europeia, 2010, p. L 23/18).

Os dados de levantamentos que sejam classificados como dados críticos ou essenciais devem ser objeto de um primeiro levantamento exaustivo e, seguidamente, monitorizadas as suas alterações, no mínimo, uma vez por ano. Caso sejam detetadas alterações, deve ser efectuado um novo levantamento dos dados pertinentes (Comissão Europeia, 2010, p. L 23/18).

### V.3.3.3 Airborne Laser Scanning (ALS)

Nos últimos anos, o *Airborne Laser Scanning* (ALS), também conhecido como *Light Detection and Ranging* (LiDAR), progrediu significativamente e agora é uma técnica mais estabelecida. Uma das maiores vantagens do ALS, em comparação com os métodos convencionais de topografia, é o alto nível de automação oferecido por meio de uma cadeia de dados completamente digitais. Embora o ALS seja uma técnica madura com relação à qualidade da aquisição de dados, as melhorias seriam benéficas com relação ao pós-processamento de dados (isto é, detecção e extração de características). **Quanto mais automatizados forem os processos, mais económica será a extração de dados.**

Uma outra vantagem significativa em comparação com os métodos convencionais de levantamento é a aquisição de dados homogêneos em toda a área. As principais desvantagens da técnica são os altos custos de investimento e o baixo número de operadores que possuem sensores capazes de mapear obstáculos.

Se todas as pequenas antenas no topo dos edifícios tiverem que ser capturadas, os parâmetros de vôo e laser devem ser ajustados de acordo, para atender aos requisitos técnicos. O ALS inclui as seguintes características:

- *Scanner a laser* (mede o ângulo de varredura e o tempo de voo para cada pulso do laser);
- Sistema de posicionamento e orientação composto por:
  - Receptor GPS no avião e estação de referência no solo (GPS diferencial - DGPS);
- Unidade de medição inercial (Inertial Measurement Unit - IMU) para medir o rolar, o passo e o rumo do sistema do scanner.
- Com relação aos dados de terreno e obstáculo, os métodos de ALS podem ser usados para as seguintes tarefas:
  - Mapeamento do Terreno;
  - Mapeamento de Obstáculos (Lasnier, 2010).

#### V.3.3.4 Unmanned Aerial Services (UAS)

É num contexto onde a tecnologia em mudança assume a pertinência e adequação para a Geografia Aeronáutica que se situam os UAV, acrónimo que, de acordo com a própria associação do sector (fundada em 1998) pode ter os mais variados significados, tais como “*Unmanned Aerial Vehicle(s)*”, “*Unmanned Aerospace Vehicle(s)*”, “*Uninhabited Aircraft Vehicle*”, “*Unmanned Air Vehicle*”, “*Unmanned Airborne Vehicle*”, “*Unmanned Autonomous Vehicle*”, “*Unmanned Vehicle*” ou “*Upper Atmosphere Vehicle*” (UAVSA, 2015 in Prazeres et al., 2015). De acordo com a mesma associação, as palavras-chave para a definição de um UAV e que os diferencia de aparelhos similares, como os ligados ao aeromodelismo ou ao armamento, são: a possibilidade da sua reutilização, o seu voo acima do limite da visão humana e a sua progressiva autonomia, a qual será tendencialmente o objetivo último do seu próprio

processo de apuramento e sofisticação. Aliás, exatamente devido a essa sofisticação, a ICAO, adotou a designação de “*Unmanned Aerial Services*” (UAS) para nomear o veículo voador sem piloto e todos os componentes nele integrados necessários ao cumprimento dos objetivos de uma determinada missão (European Commission, 2009).

No caso particular dos pequenos UAS, os campos de aplicação podem ser bastante variados. A Figura 71 apresenta um primeiro exercício de sistematização dessas aplicações, as quais dividimos entre “Levantamentos e actualizações”, “Monitorização e acompanhamento de planos, programas, ações e projetos” e “Avaliação”. Em acréscimo, podem apontar-se algumas vantagens e desvantagens a este novo modo de recolha de imagens. Assim, em termos das **desvantagens**, podem enunciar-se:

- Área de cobertura limitada pelo tempo de duração das baterias (aconselháveis voos de 12 minutos cobrindo, grosso modo, 2km lineares para um pixel de 2,5 cm);
- Utilização de filtros e sensores limitada ao peso máximo que, por sua vez, influencia o consumo energético;
- Necessidade de se ter uma base de comparação para calibração da fiabilidade das imagens em termos de georreferenciação e modelagem 3D.

E, em termos das **vantagens**, podem adiantar-se as seguintes:

- Custo reduzido na obtenção de cartografia fiável e atualizada.
- Rapidez na implementação da solução e na obtenção da cartografia.
- Baixo custo na obtenção de dados de observação no terreno, mesmo por comparação com os derivados de visitas ao local.
- Possibilidade de aplicação de diferentes filtros e sensores.
- Grande liberdade na definição, implementação e execução de diferentes planos de voo, automáticos ou assistidos por um operador.
- Rápida integração dos resultados em múltiplas plataformas de TIG, incluindo as de fonte aberta.
- Método inovador de acervo histórico cartográfico e fotográfico.
- Automatização de tarefas, processos e procedimentos.

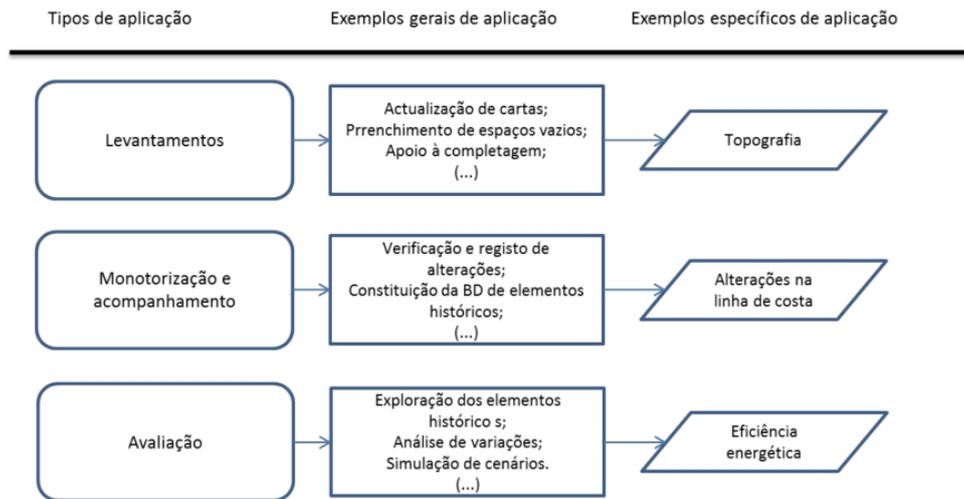


Figura 71 – Tipos e exemplos de aplicação de UAV

Fonte: (Prazeres et al., 2015)

Alguns dos produtos que podem ser gerados são apresentados na Figura 72, como Ortofotomapas, nuvens de pontos 3D, modelos digitais de superfície, redes tridimensionais, curvas de nível e imagens aéreas simples para consulta, dependendo do UAS a escolher e do equipamento fotográfico utilizado no voo.

Atualmente já existe tecnologia para integração deste tipo de levantamento diretamente em ambiente SIG, onde o processamento se torna mais rápido com software dedicado (como por exemplo o *Drone2Map for ArcGIS*).

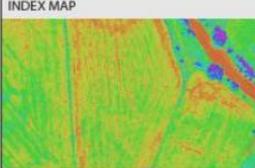
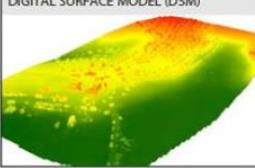
 <p>ORTHOMOSAIC RASTER</p>	<p>Format(s) geoTIFF (.tif), KML tiles (.png/kml)</p>	<p>Compatible with...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Esri ArcGIS</li> <li>- Global Mapper</li> <li>- QGIS</li> <li>- Autodesk</li> <li>- DraftSight</li> <li>- GeoMedia</li> <li>- Erdas Imagine</li> <li>- Google Earth</li> </ul> <p>&amp; all leading brands of remote sensing &amp; GIS software</p>	 <p>3D MESH WITH TEXTURE</p>	<p>Format(s) Wavefront (.obj)</p>	<p>Compatible with...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Autodesk</li> <li>- Bentley MicroStation</li> <li>- ccViewer</li> <li>- 3DReshaper</li> </ul>
 <p>INDEX MAP</p>	<p>Format(s) geoTIFF (.tif), .shp</p>	<p>Compatible with...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SMS (Ag Leader)</li> <li>- AgPilot</li> <li>- QGIS</li> <li>- Esri ArcGIS</li> <li>- Global Mapper</li> </ul> <p>&amp; all leading brands of GIS software</p>	 <p>CONTOUR LINES</p>	<p>Format(s) .dxf, .shp</p>	<p>Compatible with...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vulcan</li> <li>- i-Site Studio</li> <li>- Autodesk</li> <li>- DraftSight</li> <li>- Esri ArcGIS</li> <li>- QGIS</li> <li>- Surpac</li> </ul> <p>&amp; all leading brands of mining / survey software</p>
 <p>3D POINT CLOUD</p>	<p>Format(s) .las, .laz, .ply, .ascii</p>	<p>Compatible with...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- i-Site Studio</li> <li>- Esri ArcGIS</li> <li>- Global Mapper</li> <li>- Autodesk</li> <li>- Quick Terrain</li> <li>- 3DReshaper</li> <li>- Trimble RealWorks</li> <li>- Bentley MicroStation</li> </ul> <p>&amp; all leading brands of survey / 3D scanning software</p>	 <p>GOOGLE MAPS / MAPBOX TILES</p>	<p>Format(s) KML tiles (.png/kml)</p>	<p>Compatible with...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Google Maps</li> <li>- Mapbox</li> </ul> <p>&amp; other map servers</p>
 <p>DIGITAL SURFACE MODEL (DSM)</p>	<p>Format(s) geoTIFF (.tif)</p>	<p>Compatible with...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Esri ArcGIS</li> <li>- Global Mapper</li> <li>- QGIS</li> <li>- Quick Terrain</li> <li>- GeoMedia</li> </ul> <p>&amp; all leading brands of GIS software</p>	 <p>UNDISTORTED IMAGES</p>	<p>Format(s) .tif</p>	<p>Compatible with...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trimble Inpho</li> <li>- Socet Set</li> <li>- Imagine Photogrammetry</li> </ul> <p>&amp; many other brands of photogrammetry software</p>

Figura 72 – Produtos gerados por drones

Fonte: (Lasnier, 2016)

#### V.3.3.5 Imagens de satélite multiespetrais

Os sistemas de Detecção Remota (III.1.2.6) permitem a obtenção de imagens propiciadoras da análise da superfície terrestre, a diferentes escalas (detalhe) e com diferentes níveis de exposição de informação (radiometria), tem variado entre o instantâneo da câmara (aerofotogrametria) e o do satélite (radiómetro). Estes dois extremos de captação são mediados, ou pela capacidade interpretativa do observador, ou pela maior ou menor frequência de observações discretas (resolução temporal). Estas, têm evoluído numa sucessão que, apenas para o caso da disponibilização aberta de dados, tem variado desde os 16 dias dos satélites Landsat (desde o 1, iniciado em 1972, até ao 8, de 2013), até aos 5 dias para 2 satélites Sentinel (estratégia europeia para o desenvolvimento do programa Copernicus, na continuidade do programa Envisat realizado no período 2002-2012). No entanto, as resoluções disponíveis apenas evoluíram dos 15 metros do Landsat-8 para os 10 metros do Sentinel-2, apesar de na série Landsat essa mesma evolução ter sido muito acentuada e rápida, acompanhando aliás a correlativa velocidade de mudança e melhoria tecnológica que suportou a revolução telemática dos anos 70 e 80 do século XX (Prazeres et al., 2015).

A Figura 73 ilustra um exemplo de um processo de criação de uma BD eTOD a partir de um par de imagens de satélite, com pontos de controlo no terreno por forma a gerar um modelo digital de superfície (*Digital Surface Model – DSM*). Com base nestas imagens é possível extrair dois produtos, a saber, dados de terreno e dados de obstáculos. Com ferramentas de edição apropriadas, com recurso a tecnologia SIG e Detecção Remota, é possível editar as imagens e gerar um MDT (III.1.2.5). É possível aplicar filtros para extrair dados de obstáculos, com base em assinaturas espectrais, isto é, o sistema pode ser calibrado para que os obstáculos sejam automaticamente detetados e extraídos para a BD.

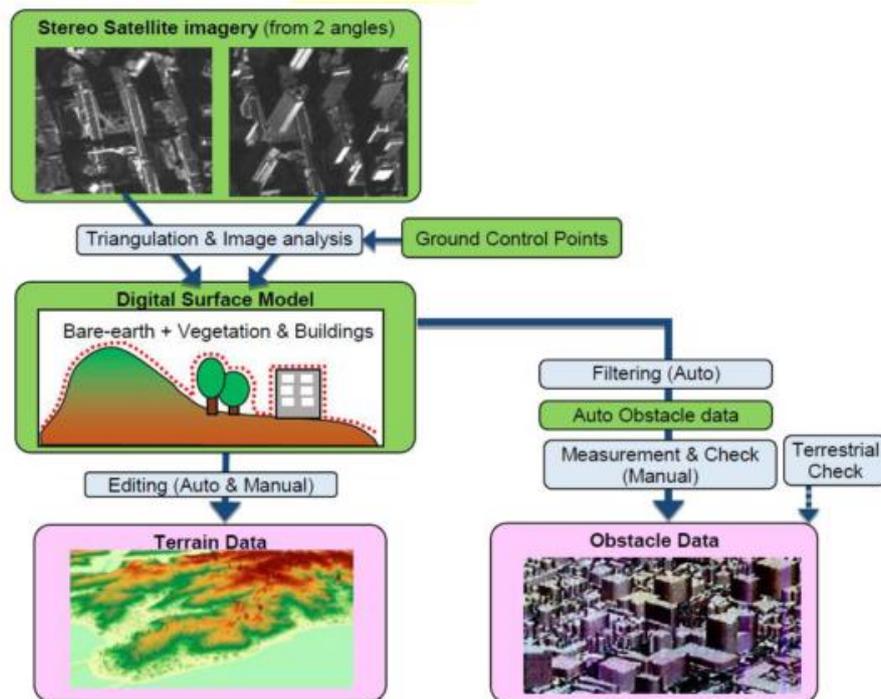


Figura 73 – Processo de criação do eTOD com base em imagens de satélite

Fonte: (Lasnier, 2016)

#### V.3.3.6 Interferometric Synthetic Aperture Radar (IfSAR)

Airborne IFSAR é uma fonte de Detecção Remota, rápida, precisa e económica de dados de elevação e imagem. As imagens ortorretificadas podem fornecer pontos de controlo de solo que podem ser usados para vincular imagens de satélite ou aéreas a um *Digital Elevation Model* (DEM) do IFSAR para retificação (Lasnier, 2010).

Entre os diferentes dispositivos de medição de radar, o IfSAR é o mais comum. O IfSAR é um sistema de sensor ativo que utiliza microondas (comprimento de onda entre 2 e 100 cm) e registra os sinais refletidos do terreno. Cada pulso emitido ilumina uma área relativamente grande e o sinal refletido é continuamente digitalizado. A amostragem permite uma resolução mais precisa da área iluminada. Ao emitir repetidamente pulsos, cada objeto é iluminado várias vezes. Combinando os sinais subsequentes, a frequência Doppler pode ser resolvida, que é então usada para determinar a localização de um ponto em relação à sua localização ao longo da trajetória de voo e seu alcance. Combinando duas posições de visualização espacialmente separadas (para as quais sua separação deve ser muito bem conhecida), a imagem interferométrica resultante permite a medição precisa da paralaxe de um ponto comum em ambas as imagens.

Essa medida estereoscópica (como na fotogrametria) permite a determinação da terceira coordenada, o Z (altitude). O *workflow* é muito semelhante à fotogrametria aérea. Os sistemas IfSAR consistem em:

- Dois sistemas de Radar de Abertura Sintética (SAR);
- Sistema de posicionamento e orientação composto por:
- Receptor GPS no avião e estação de referência no solo (DGPS);
- IMU para medir rolo, inclinação e direção do sistema do scanner.

Com relação aos dados de terreno e obstáculos, os métodos IfSAR podem ser usados para as seguintes tarefas:

- Mapeamento de Terreno.

#### V.3.4 *Tempo de aquisição*

Para se ter uma noção dos tempos de aquisição de informação, os levantamentos por **GPS**, **laser scanning** e **UAS** (drone) requerem a identificação do local, a contabilização do tempo de viagem entre os locais e tempo gasto no local na realização do levantamento, o que pode limitar a quantidade de pontos que podem ser levantados num dia. A **fotogrametria aérea** permite efetuar levantamentos até 12 locais por dia, os levantamentos de **Laser scanning móvel** e por UAS podem completar 2 locais por dia, no entanto, os levantamentos com **GPS** exigem várias equipas apenas para completar um local num só dia (LandairSurveys, 2014, p. 35).

As imagens provenientes da **deteção remota com recurso a imagens de satélite**, dependem da resolução temporal, ou seja, da periodicidade de passagem do satélite num determinado local à superfície da Terra. Existem satélites de resolução temporal de 16 dias como o Landsat 8<sup>77</sup> (resolução espacial que pode ir até 15 metros), como já foi referido, e de 1 dia como o projeto alemão RapidEye<sup>78</sup> (resolução espacial de 5 metros), com uma constelação de 5 pequenos satélites em órbita que todos os dias capturam imagens do mesmo local. A vantagem deste método de aquisição é a quantidade de imagens em arquivo que podem ser consultadas ou adquiridas.

---

<sup>77</sup> <https://landsat.gsfc.nasa.gov/operational-land-imager/>

<sup>78</sup> <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/rapideye/>

### V.3.5 *Comparação dos diferentes métodos de aquisição de informação.*

Lasnier (2010) faz uma comparação dos vários métodos de aquisição são comparadas usando diferentes critérios. Essa comparação fornecerá recomendações sobre quais métodos são mais adequados, sob quais circunstâncias, para uma organização. Os fatores mais importantes a serem considerados são:

- ALS:
  - Tem os maiores custos de capital e, portanto, é menos amplamente disponível;
  - Já oferece o mais alto grau de automação, mas espera-se um maior desenvolvimento;
  - Tem o menor risco de perder um obstáculo durante a aquisição de dados.
- Fotogrametria:
  - É a técnica mais eficiente para aquisição de dados;
  - O grau de automação é menor, quando comparado ao ALS, mas os algoritmos ainda estão evoluindo;
  - O risco de perder um obstáculo é maior, quando comparado ao ALS, mas devido à interação manual, espera-se que a qualidade do obstáculo resultante seja maior que todas as outras técnicas.
- Levantamento terrestre:
  - Tem os custos de capital mais baixos, mas é muito trabalhoso;
  - É uma técnica madura, mas não se espera uma melhoria muito maior;
  - O risco de que um obstáculo seja perdido é maior do que com as outras técnicas e, portanto, o nível de esforço necessário para a validação é alto;
  - É ideal para validação de dados.
- IfSAR:
  - A detecção de obstáculos é de baixa confiabilidade. No momento de escrever este Manual, a técnica não é adequada para coleta de dados de obstáculos (Lasnier, 2010).

#### V.4 Prestação de serviços AIM – NAV Portugal

Na prestação de serviços AIM por parte da NAV Portugal, serve este ponto para descrever os componentes que ainda não foram implementados, como são os casos do eTOD, dNOTAM, ePIB e eCHART.

##### V.4.1 *electronic Terrain and Obstacle Data (eTOD)*

O *Electronic Terrain and Obstacle Data (eTOD)* é a representação digital de terrenos e obstáculos fornecidos como conjuntos de dados que satisfazem os requisitos do utilizador para uma série de aplicações aéreas e terrestres como EGPWS<sup>79</sup>, TAWS<sup>80</sup>, A-SMGCS<sup>81</sup>, MSAW<sup>82</sup>, desenho de Procedimentos, etc. Um conjunto de dados de terreno é uma representação digital da elevação do terreno em vários pontos discretos. Os principais recursos de uma BD de terreno incluem distribuição geométrica/posição de pontos discretos, dados horizontais, verticais e unidades de medida específicas. No contexto do eTOD, o terreno é definido como "A superfície da Terra contendo características que ocorrem naturalmente, como montanhas, colinas, cordilheiras, vales, corpos de água, gelo permanente e neve, e excluindo obstáculos" (Skybrary, 2018b).

Os requisitos de interoperabilidade e de disponibilização de dados e produtos em formato eletrónico determinam que a solução a adotar no âmbito eTOD seja integrável num mesmo ambiente operacional, utilizando uma especificação comum para os conjuntos de dados que assegure a compatibilidade operacional com todos os sistemas, constituintes ou ferramentas que utilizem dados aeronáuticos.

A gestão dos dados de terreno e obstáculos é presentemente efetuada nos seguintes moldes:

- Área 1 Terreno: Disponibilização a cargo da Direção Geral do Território (DGT)  
Obstáculos: Integrados na base de dados AIS (EAD SDO), não cumprindo a

---

<sup>79</sup> *Enhanced Ground Proximity Warning System.*

<sup>80</sup> *Terrain Avoidance Warning System.*

<sup>81</sup> *Advanced Surface Movement Guidance and Control System.*

<sup>82</sup> *Minimum Safe Altitude Warning.*

totalidade dos atributos exigidos pelo eTOD. A atualização dos obstáculos é efetuada por um sistema de notificações casuísticas assegurado pela ANAC;

- Área 2 Terreno e Obstáculos: Requisito a cumprir a partir de Novembro 2015 (Responsabilidade da NAV Portugal);
- Área 3 Terreno e Obstáculos: Dados não disponibilizados. O Fornecimento desses dados à NAV Portugal é da responsabilidade das entidades aeroportuárias abrangidas pelo eTOD;
- Área 4 Terreno e Obstáculos: Dados não disponibilizados. (Responsabilidade da NAV Portugal).

A Figura 74 ilustra as áreas de cobertura no âmbito do projeto eTOD.

A gestão destes dados ainda não é suportada numa base de dados eTOD. Os obstáculos publicados em AIP são mantidos na base de dados AIS (EAD SDO) (NAV, 2018b).

A transição para o AIM exige a implementação e manutenção de um sistema integrado de BD que se constitua como o repositório de todos os dados aeronáuticos relativos ao Estado (*Integrated aeronautical Information Database - IAID*) que cumpra os requisitos de interoperabilidade no respeitante ao formato e intercâmbio de dados. Este sistema deverá operar num ambiente de sistema aberto, integrar funcionalidades SIG e possibilitar a interação dos dados estáticos e dinâmicos em tempo real (NAV, 2018b).

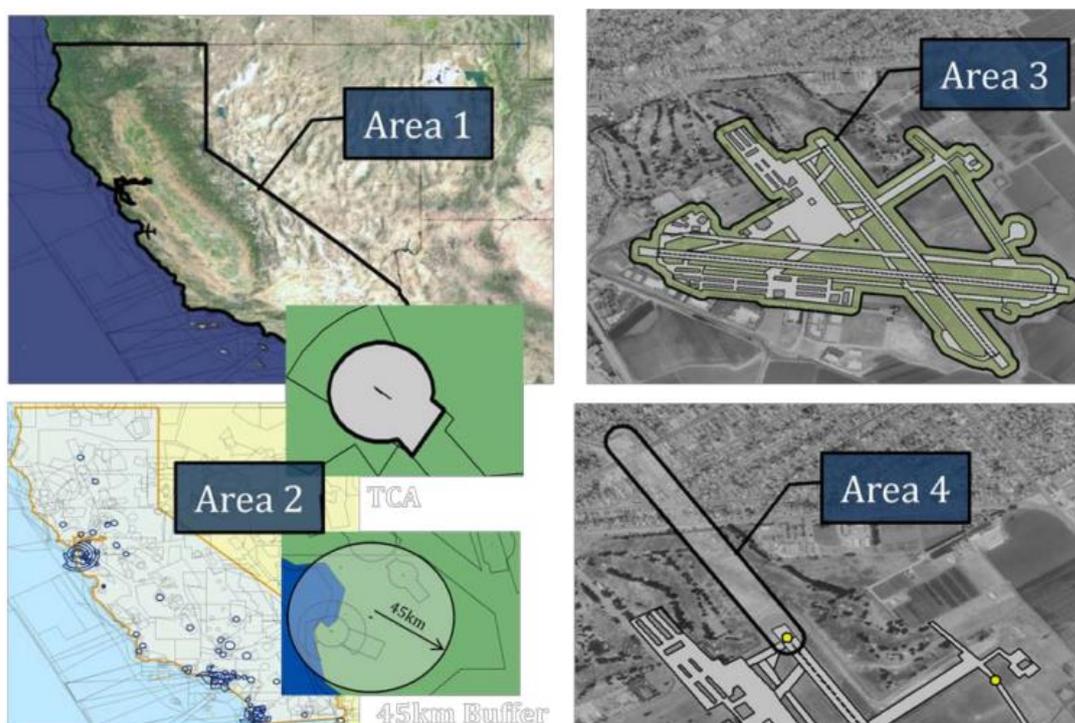


Figura 74 – Áreas de cobertura no âmbito do projeto eTOD

Fonte: (Robinson, 2009)

#### V.4.2 NOTAM Digital (dNOTAM)

Uma das principais restrições operacionais atuais reside no facto de a informação aeronáutica ser normalmente fornecida em texto. O dNOTAM permite compatibilizar a expressão textual da informação com a sua representação gráfica.

O Projeto EUROCONTROL Digital NOTAM (dNOTAM), executado em cooperação com a US FAA, tem como objetivo o fornecimento de informações de NOTAM num formato que o torne integrável num ePIB e disponibilizável no *cockpit* da aeronave e no ATC.

Esta evolução permitirá que sistemas automatizados que suportam ATC e navegação aérea tenham uma visão mais real do ambiente aeronáutico, aumentando assim a segurança e a eficiência do sistema ATM (Skybrary, 2018c) Figura 75.

**ICAO Format:**  
 AXXXX/XX NOTAMN  
 Q) KZDC/QMRLC/IV/NBO/A/000/999/3856N07727W005  
 A) KIAD  
 B) 1105030400  
 C) 1105031600  
 E) RWY 1C/19C CLSD

**Plain Language Format:**  
 Issuing Airport: (IAD) Washington Dulles Intl  
 NOTAM Number: XX/XXX  
 Effective Time Frame  
 Beginning: Tuesday, May 3, 2011 0400 (UTC)  
 Ending: Tuesday, May 3, 2011 1600 (UTC)  
 Affected Areas  
 Runway: 1C/19C  
 Operating Status: Closed

**Graphical Format:**



Figura 75 – dNOTAM – Múltiplas visualizações dos dados

Fonte: Kurz, 2006

#### V.4.3 Cartografia aeronáutica digital (eCHART)

A cartografia aeronáutica é composta por uma série de cartas produzidas de acordo com as normas publicadas no anexo 4 da ICAO como já referido no ponto I.2.2.1.1. De acordo com o manual de cartas aeronáuticas, DOC 8697 da ICAO (I.2.2.1.5), o resultado de um sistema automatizado de cartas aeronáuticas pode variar desde os produtos de papel tradicionais até a exibição de cartas aeronáuticas mais avançados, que podem suportar o acesso em tempo real à informação, como se ilustra na Tabela 24.

A NAV Portugal deverá migrar para um modelo de cartas aeronáuticas eletrónicas (eCHART). Esta implementação já ocorreu com sucesso noutros ANSP, como referido no ponto III.3, com ganhos evidentes em termos produtividade e excelência na prestação do serviço.

Tabela 24 – Cartas aeronáuticas: os vários produtos

Produtos	Descrição
Produtos tradicionais	As cartas aeronáuticas têm sido produzidas como produtos em papel, tanto as cartas emitidas no domínio público através da AIP, como as cartas transportadas pelos membros da tripulação de voo de aeronaves.

<b>Produtos</b>	<b>Descrição</b>
<b>Produtos eletrónicos</b>	<p>As primeiras versões de cartas eletrónicas foram essencialmente representações eletrónicas dos produtos de papel, basicamente representados por arquivos <i>raster</i> (PDF).</p> <p>Este tipo de carta pode ser mais facilmente inspecionada devido ao facto de ser possível efetuar algumas funções como <i>zoom in</i> e <i>out</i>, e rotação, <i>pan</i>, <i>etc.</i></p>
<b>Produtos digitais</b>	<p>Os produtos digitais são basicamente representados por objetos vetoriais. Os mapas vetoriais têm as mesmas informações que seus equivalentes raster. É composto por pontos, linhas e polígonos que compõem os recursos pertencentes ao mapa. Os detalhes sobre os objetos vetoriais podem ser ativados e desativados, e é possível selecionar em cada elemento gráfico para obtenção de mais detalhes sobre o recurso em si. As funções de rotação e <i>zoom</i> podem ocorrer com discriminação em relação ao tipo de recurso. O objeto vetorial é um produto digital, composto por camadas de informações que o utilizador pode ativar e desativar para reduzir a desordem ou adicionar detalhes ao map. Um exemplo sofisticado de produtos digitais é representado pelas cartas orientadas por dados.</p>
<b>Cartas orientadas por dados (<i>Data-driven charts</i>)</b>	<p>As cartas orientadas por dados mudaram significativamente a abordagem da produção de cartografia, visto estarem vinculadas a uma BD Geográfica central.</p> <p>As cartas orientadas por dados são produtos digitais que resultam da sobreposição de diferentes camadas de informação, como por exemplo terreno, cultural e aeronáutica, entre outras, com base em <i>templates</i> gerados para o efeito.</p>

Fonte: Adaptado de (ICAO, 2016b)

#### V.4.3.1 Atualização das cartas aeronáuticas

*“The ArcGIS geo-processing tools and geo-database focused map production have automated tasks and enhanced workflows, leading to reduced production hours and dramatically increasing cost-effectiveness by improving overall data management and use” (Richardson, 2012, p. 94).*

No modelo proposto nesta tese, a cartografia aeronáutica assume grande relevância, tendo em conta a quantidade de cartas produzidas e a necessidade de atualização célere das mesmas. Neste caso concreto, existe a necessidade de migração das cartas existentes em ambiente CAD, e conversão para uma estrutura de BD Geográfica, onde será possível compor os conjuntos de entidades geográficas relacionadas entre si e ligadas a diversos *layouts*, em ambiente SIG. O SIG permitirá a edição e composição das saídas gráficas automatizadas, preparadas para publicação na eAIP e partilháveis através de outros sistemas internos na NAV Portugal e externos via *data link* ou serviços de mapas *web*.

Foi efetuado um levantamento das cartas aeronáuticas produzidas pela NAV Portugal, como representado na Tabela 25, sendo **363 cartas referentes ao AIP e 182 cartas do Manual VFR (MVFR), perfazendo um total de 545 cartas aeronáuticas.**

Tabela 25 – Tipo de Cartas Aeronáuticas da NAV Portugal

Tipo de Carta Aeronáutica	N.º de Cartas
<i>Aerodrome Chart</i>	62
<i>Aerodrome Ground Movement Chart</i>	2
<i>Aerodrome Obstacle Chart Type A</i>	15
<i>Aircraft Parking/Docking Chart</i>	24
<i>Area Chart</i>	8
<i>ATC Surveillance Minimum Altitude Chart</i>	3
<i>Enroute Chart</i>	40
<i>Generic Chart</i>	9
<i>Instrument Approach Chart</i>	113
<i>Non ICAO Chart</i>	26
<i>Precision Approach Terrain Chart</i>	4
<i>Radar Minimum Altitude Chart</i>	2
<i>Radar Vectoring Chart</i>	4
<i>Standard Arrival Chart</i>	49
<i>Standard Departure Chart</i>	47
<i>Take-Off Chart</i>	4

<b>Tipo de Carta Aeronáutica</b>	<b>N.º de Cartas</b>
<i>Visual Approach and Landing Chart</i>	8
<i>Visual Approach Chart</i>	125
Total:	<b>545</b>

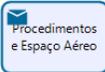
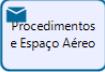
Com a listagem apresentada, depreende-se que devem ser fornecidas cartas aeronáuticas diferentes contendo os mesmos dados para atender às necessidades de diferentes utilizadores finais. Isso leva a tarefas de edição que geralmente são altamente repetitivas e exigem longos processos de controlo de qualidade. A manutenção da coerência entre todos os produtos é demorada e acompanha o atual ciclo de produção de cartas, constituindo-se como um dos maiores desafios que os ANSP enfrentam. As organizações estão sob pressão constante para garantir que todos os produtos sejam precisos e atualizados, usando as diversas informações provenientes de vários originadores de dados (Richardson, 2012).

## **V.5 Soluções SIG**

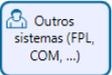
### *V.5.1 Propostas*

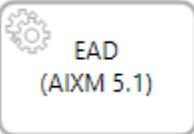
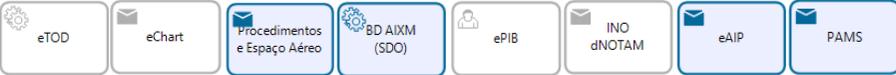
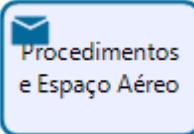
Neste ponto são apresentadas as propostas e recomendações em termos de soluções SIG no âmbito de todos os componentes do SIGD-AIM, sistematizado na Tabela 26.

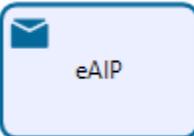
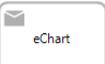
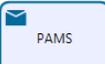
Tabela 26 – Proposta de soluções SIG

Componente	Data link	Propostas de soluções SIG
 <p>eTOD</p>	  	<p>De acordo com o método de aquisição de informação utilizado, o eTOD deverá estabelecer ligação às SDI previstas e à AMDB (V.3.1).</p> <p>O eTOD (V.4.1) deverá estabelecer ligação com as Cartas aeronáuticas eletrónicas (V.4.3), os Procedimentos e Espaço Aéreo (0), a BD AIXM na versão 5.1, o SDO (IV.6.5) e o INO com a nova geração de NOTAM, o dNOTAM (V.4.2).</p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;">     </div> <p>Toda a informação armazenada no eTOD deverá ser relacionada com a BD Geográfica Central.</p>
 <p>eChart</p>	  	<p>De acordo com o método de aquisição de informação utilizado, o eCHART deverá estabelecer ligação às SDI previstas.</p> <p>As Cartas aeronáuticas eletrónicas (V.4.3) terão ligação com os Procedimentos e Espaço Aéreo, (0), a BD AIXM na versão 5.1, o SDO (IV.6.5) e a eAIP (IV.6.6).</p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;">    </div>

Componente	Data link	Propostas de soluções SIG
		<p><b>A ligação das cartas ao eAIP deverá ser modernizada, por forma a que os <i>layouts</i> gerados em SIG, ou seja, automatizados de acordo com o tipo de carta</b> (ver Tabela 25). Deverão ser alvo de publicação sem intervenção humana, na sua execução, mas sim na verificação e validação para eliminar a probabilidade de erros no ato de atualização, e agilizar o tempo de disponibilização das mesmas.</p> <p>A modernização do procedimento operacional <b>PO-17.05 – Produção de Cartas Aeronáuticas</b>, passa obrigatoriamente pela migração de dados para ambiente SIG, por forma a estabelecer ligação a uma BD Geográfica central, dotada de ferramentas de validação de conformidade topológica e temática, tendo como racional de determinação o processo de modernização competitiva da NAV, que resultará da relação entre dois eixos de atuação igualmente prioritários, e que são inerentes a qualquer decisão estratégica de posicionamento organizacional: a eficácia e a eficiência.</p> <p><b>Os dados aeronáuticos e a informação aeronáutica a constar na nova geração de cartas aeronáuticas, deverá constar na BD Geográfica Central e não em ficheiros separados.</b> Assim, cada alteração efetuada a uma entidade geográfica, por exemplo, um troço de uma pista, será atualizada automaticamente em todas as cartas onde essa pista esteja representada.</p>

Componente	Data link	Propostas de soluções SIG
		<p>A nova geração dos PIB, o <i>electronic</i> PIB, passa pela integração dos dNOTAM no PIB e na possibilidade de representação gráfica da informação em todas as fases do voo.</p> <p>O ePIB deverá ter ligação com INO dNOTAM (V.4.2), com o SDO (IV.6.5) e com os outros sistemas de NAV Portugal.</p> <div data-bbox="674 608 1010 683" style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px; text-align: center;">  INO dNOTAM         </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px; text-align: center;">  BD AIXM (SDO)         </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px; text-align: center;">  Outros sistemas (FPL, COM, ...)         </div> </div> <p>Toda a informação armazenada no ePIB deverá ser relacionada com a BD Geográfica Central.</p> <p>A informação é disponibilizada nas TWR e no ACC e no <i>cockpit</i> das aeronaves.</p>
		<p>O INO dNOTAM recebe informação do SDO (IV.6.5) e permite gerar o ePIB.</p> <div data-bbox="674 970 898 1045" style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px; text-align: center;">  BD AIXM (SDO)         </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px; text-align: center;">  ePIB         </div> </div> <p>Toda a informação armazenada no INO deverá ser relacionada com a BD Geográfica Central.</p> <p>A informação é disponibilizada nas TWR e no ACC e no <i>cockpit</i> das aeronaves.</p>

Componente	Data link	Propostas de soluções SIG
		<p>A EAD (V.3.2), com o modelo de dados AIXM 5.1, com implementação prevista para 2019, terá ligação ao grupo de serviços AIM da NAV Portugal: eTOD (V.4.1), eCHART (V.4.3), Procedimentos e Espaço Aéreo (IV.6.1), SDO (IV.6.5), ePIB, INO dNOTAM (V.4.2), eAIP (IV.6.6) e PAMS (IV.6.7).</p> 
		<p>De acordo com o método de aquisição de informação utilizado, o Procedimentos e Espaço Aéreo deverão estabelecer ligação às SDI previstas.</p> <p>Os Procedimentos e Espaço Aéreo (IV.6.1), estabelecem ligação ao eTOD (V.4.1), eCHART (V.4.3) e SDO (IV.6.5).</p>  <p>Toda a informação armazenada nos Procedimentos e Espaço Aéreo deverá ser relacionada com a BD Geográfica Central.</p> <p>A informação é disponibilizada nas TWR e no ACC e no <i>cockpit</i> das aeronaves.</p>

Componente	Data link	Propostas de soluções SIG
 <p>BD AIXM (SDO)</p>	<p>2</p> <p>3 4</p>	<p>O SDO (IV.6.5) estabelece ligação com o eCHART (V.4.3), Procedimentos e Espaço Aéreo (IV.6.1), ePIB, INO dNOTAM (V.4.2) e eAIP (IV.6.6).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">      </div> <p>Toda a informação armazenada no SDO deverá ser relacionada com os centros operacionais ATM (ACC e TWR) e a BD Geográfica Central.</p>
 <p>eAIP</p>	<p>2</p> <p>3 4</p>	<p>O eAIP terá ligação com o eCHART (V.4.3) e PAMS (IV.6.7).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p>Toda a informação armazenada no eAIP deverá ser relacionada com os centros operacionais ATM (ACC e TWR) e a BD Geográfica Central.</p>
 <p>PAMS</p>	<p>2</p> <p>4</p>	<p>Toda a informação armazenada no PAMS deverá ser relacionada com a BD Geográfica Central.</p>

Componente	Data link	Propostas de soluções SIG
 ACC		<p>O ACC terá ligação ao grupo de serviços AIM da NAV Portugal, por forma a aceder à informação filtrada pelas soluções SIG.</p>
 TWR		<p>A TWR terá ligação ao grupo de serviços AIM da NAV Portugal, por forma a aceder à informação filtrada pelas soluções SIG.</p>
 WFM + Metadados		<p>O WFM mencionado no ponto IV.7, terá ligação aos metadados configurados na BD Geográfica Central.</p>
 Outros sistemas (FPL, COM, ...)		<p>Os outros sistemas estabelecem ligação com INO dNOTAM (V.4.2) e o ePIB.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="674 1002 779 1070" style="border: 1px solid gray; padding: 2px; text-align: center;">  INO dNOTAM         </div> <div data-bbox="786 1002 891 1070" style="border: 1px solid gray; padding: 2px; text-align: center;">  ePIB         </div> </div> <p>Os sistemas externos à NAV Portugal, estabelecem ligação a alguns sistemas da NAV Portugal.</p>

#### V.5.1.1 Conclusões das propostas

A mudança de paradigma da NAV Portugal no contexto AIM com a implementação do SIDG-AIM, terá como um dos objetivos principais a partilha de informação de forma atempada, dentro da organização e para o exterior, nomeadamente com o SWIM, conceito desenvolvido no ponto II.5, que consiste na aplicação de modelos *standards*, numa infraestrutura e governança que permitam a gestão de informações relacionadas ao ATM e a respetiva partilha numa rede interconectada entre os *stakeholders* através de serviços interoperáveis. O SWIM nesta proposta, integra o grupo de utilizadores dos produtos e serviços devido à capacidade de partilha dos serviços AIM como se prevê.

“As aplicações e as ferramentas SIG têm, num contexto de sistemas integrados, a responsabilidade de permitir gerir toda a informação adquirida e processada através do sistema” (Prazeres & Oliveira, 2015, p. 2).

#### V.5.2 Interoperabilidade e Qualidade

O SIG tendo como uma das funcionalidades, a criação de *outputs*, compatíveis com os **OGC Web Services**<sup>83</sup>, permitirá a qualquer utilizador, credenciado para o efeito, aceder à informação partilhada. Num futuro, não muito longínquo, o **SWIM** como referido no ponto II.5, servirá de repositório a toda esta informação, de forma a ser partilhada por diversos tipos de utilizadores.

O SIG pode ainda interagir com **outros sistemas**, fora da esfera apresentada na proposta, pois sendo um sistema aberto e integrativo, facilitará essa relação.

Há a salientar ainda que toda a informação do sistema se rege por normas de qualidade, patentes no **ADQ**, conforme regulamentação apresentada no ponto I.3.1.3 e I.3.1.4, projeto a implementar pela NAV Portugal. As normas **ISO Standard** integram também este sistema, de forma a que a informação cumpra em conformidade as normas *standard* aplicadas a cada domínio.

---

<sup>83</sup> Open Geospatial Consortium

O Comité técnico “ISO/TC 211 Geographic Information/Geomatics”<sup>84</sup> é responsável pelos *standards* ISO relativos à informação geoespacial. Várias entidades e organizações públicas e privadas estão ativamente envolvidas no trabalho relativo ao ISO/TC 211, estas entidades incluem o OGC, entidades nacionais e internacionais ligadas à definição de “standards” como a *International Cartography Association* (ICA), agências ONU, organizações sectoriais tais como a *Defence Geospatial Information Working Group* (DGIWG) e ICAO (Cosme, 2013).

Cosme refere ainda que estes *standards* se aplicam a métodos, ferramentas e serviços para gestão de informação geoespacial, que permitam a aquisição, processamento, análise, acesso e apresentação desta informação, em formato digital de diferentes, utilizadores, sistemas e localizações.

No anexo 15 da ICAO (I.2.2.1.2) referente ao AIS é apresentada uma listagem de ISO standards relativas à informação geográfica, a saber:

- 8601 — Data elements and interchange formats — Information interchange — Representation of dates and times
- 9000 — Quality Management Systems — Fundamentals and Vocabulary
- 19101 — Geographic information — Reference model
- 19104 — Geographic information — Terminology
- 19108 — Geographic information — Temporal schema
- 19109 — Geographic information — Rules for application schema
- 19110 — Geographic information — Feature cataloguing schema
- 19115 — Geographic information — Metadata
- 19117 — Geographic information — Portrayal
- 19131 — Geographic information — Data product specification

---

<sup>84</sup> <https://www.iso.org/committee/54904.html>

#### V.5.2.1 Formatos

O SIDG-AIM como plataforma que tem como objetivo a integração de informação proveniente de diversos sistemas e BD, deverá adotar formatos de importação e exportação independentes da plataforma e abertos (formato público).

Neste contexto surge como formato preferencial o GML por ser de independente da plataforma tecnológica, aberto (formato público) e por ser um *standard* definido pelo OGC. A versão suportada pela maioria das tecnologias de base SIG do mercado é a versão 2.0.

Para além do formato GML o SIDG-AIM deverá suportar os formatos *Shapefile* (ESRI) e *DXF* (Autodesk), por serem formatos públicos e com largo suporte pelas diversas tecnologias de base SIG.

#### V.5.2.2 Proteção de dados

O ADQ (2010), faz referência à *Cyclic redundancy check* (CRC), um algoritmo matemático aplicado à expressão digital de dados que fornece um nível de garantia contra perda ou alteração de dados.

Entretanto a EASA (2017) não propõe a aplicação de um algoritmo específico de CRC para a proteção de dados. Defende que a melhor maneira de garantir essa proteção de dados é explica-la em material de orientação, destacando que um exemplo de uma técnica de detecção de erro digital pode ser o uso de CRC, não criando assim obrigatoriedade e reduzindo consideravelmente os custos. Esta proposta pragmática oferece uma abordagem mais objectiva do que a constante do Regulamento ADQ e está em consonância com o Anexo 15 da ICAO.

## V.6 Utilizadores dos produtos e serviços – *data users*

Os utilizadores dos produtos e serviços AIM podem ser classificados em dois grupos:

Publicações AIS	EAD, ANAC, Entidades Governamentais, Serviços AIS, Serviços de Tráfego Aéreo, Meteorologia, Instituto Hidrográfico, Busca e Salvamento, Organismos Militares, Serviços de Comunicações Aeronáuticas, Agências Internacionais, Companhias de Aviação, Operadores Privados, Direções e Serviços Aeroportuários, Escolas de Aviação, Aeroclubes e Subscritores particulares.
Provisão do Serviço de Informação antes e pós-voos	Companhias de Aviação, Operadores Privados, Direções e Serviços Aeroportuários, Organismos Militares, Escolas de Aviação, Aeroclubes e Subscritores particulares, Serviços de Tráfego Aéreo.

## V.7 Principais conclusões e linhas de orientação

Com base no desenvolvimento da investigação no âmbito do SIDG-AIM concretizado na redação desta tese, é possível resumir as principais conclusões e linhas de orientação:

- O SIDG-AIM deverá ser desenvolvido sobre uma arquitectura orientada a serviços garantindo assim a sua escalabilidade;
- Os resultados da análise efectuada, à informação fundamental para o SIDG-AIM, permitiram concluir que é fator crítico relevante para o sucesso do SIDG-AIM, a concretização, em tempo útil, de um processo exaustivo de levantamento e avaliação (quantitativa e qualitativa) da informação classificada como fundamental;
- A NAV deverá promover os procedimentos necessários, que garantam a implementação de mecanismos eficientes de cooperação institucional, com as várias entidades (parceiras ou não) que venham a ter um papel ativo no SIDG-AIM;
- A NAV deverá enfrentar desafios múltiplos, quer em termos de reorganização interna, na otimização de recursos e redesenho de processos, quer na senda da modernização competitiva do serviço prestado aos *data users* e a outras entidades que irão usufruir do SIDG-AIM;
- Neste sentido, o racional de determinação do processo de modernização competitiva da NAV resulta da relação entre dois eixos de atuação igualmente prioritários, e que são inerentes a qualquer decisão estratégica de posicionamento organizacional:
  - **Foco na eficiência:** maior preocupação com a otimização da estrutura de custos associados aos vários processos e áreas âmbito e com a alavancagem dos recursos (humanos e financeiros) que lhes estão afetos;
  - **Foco na eficácia:** maior preocupação a jusante com os processos de negócio, de forma a melhorar os patamares de serviço e aumentar a capacidade de satisfação dos utilizadores do SIDG-AIM.

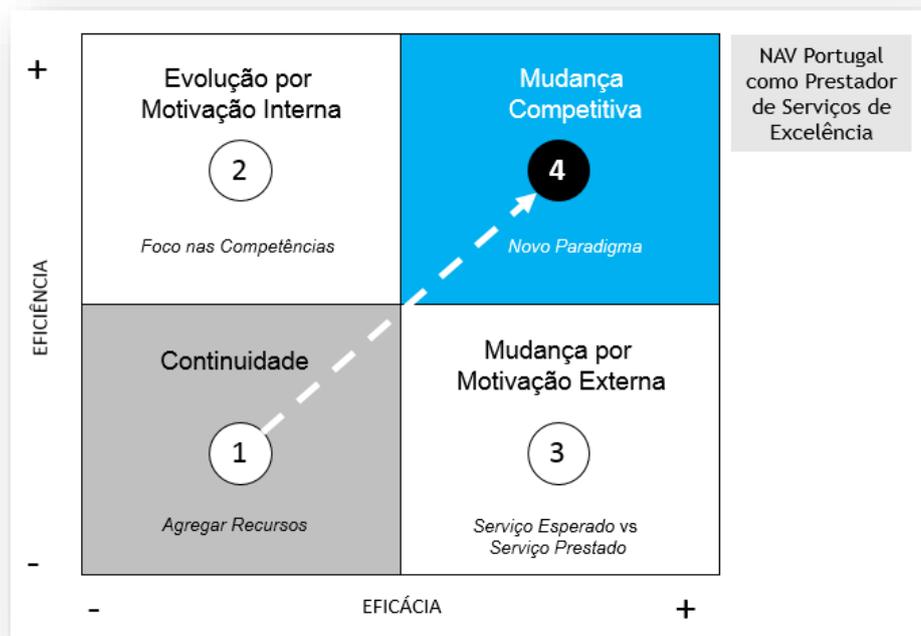


Figura 76 – SIDG-AIM como vector de consolidação da NAV

- O cruzamento de diferentes intensidades de preocupação dos dois eixos identificados, eficácia e eficiência, permite projetar diferentes estágios de evolução com conteúdos e resultados distintos entre si, pelo que é importante contextualizar a aposta estratégica na “mudança competitiva” da NAV (Figura 76);
- A mudança competitiva implica que a NAV reformule o seu modelo funcional, assumindo-se como uma organização capaz de apresentar uma estrutura de base, otimizada e racionalizada nos processos de suporte, libertando recursos para sustentar patamares superiores de qualidade de serviço e de eficácia organizacional, de forma a evoluir na otimização de processos, com foco na eficiência, e aumentar a capacidade de satisfação dos utilizadores dos produtos e serviços, com foco na eficácia;
- Tão importante como a mudança organizacional subjacente à NAV, é a implementação de uma forma integrada dos diferentes componentes do SIDG-AIM, que constituem vetores de consolidação de uma “mudança competitiva”;

- Quanto aos modelos de dados e requisitos de qualidade deverão ser detalhados no âmbito da implementação do SIDG-AIM através de um Plano para a Garantia de Qualidade da Informação Aeronáutica, sustentado no ADQ.

## V.8 Linhas Orientadoras do Modelo Concetual

A proposta do modelo concetual inclui como linhas orientadoras, os seguintes pontos apresentados na Tabela 27.

Tabela 27 – Linhas Orientadoras do modelo concetual

Linhas Orientadoras			
Processos	Pessoas	Tecnologia	Governância
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uniformização dos processos e nível de conformidade</li> <li>- Contínua avaliação dos processos para aferir ineficiências</li> <li>- Ajuste dos processos para maximizar eficiência do SIDG-AIM</li> <li>- Celeridade na aprovação interna com impacto externo</li> <li>- Conformidade com responsabilidades legislativas e regulatórias - transição de registos em papel para registos eletrónicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reforçar a componente operacional com o recrutamento de pessoal.</li> <li>- Equipas funcionais organizadas por processo</li> <li>- Dedicção e compromisso da gestão de topo na implementação da mudança</li> <li>- Necessidades de formação acreditadas e planeadas</li> <li>- Devida consideração deve ser dada à integridade das informações onde a interação humana é necessária e medidas de mitigação tomadas quando os riscos são identificados. (ICAO, 2016a) - <i>3.8 Human factors considerations.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso da tecnologia como facilitador dos processos</li> <li>- Manutenção da informação atempadamente</li> <li>- Adequação das necessidades do negócio ao SIDG-AIM</li> <li>- Dados aeronáuticos: adquiridos uma vez, utilizados várias vezes.</li> <li>- Adequado para o propósito e apto para o futuro, acessível e flexível para apoiar a previsão, o planeamento e a tomada de decisões em toda a empresa.</li> <li>- Interoperabilidade da informação e partilha de dados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevado nível de articulação</li> <li>- Gestão directa das operações e inter-operações</li> <li>- Gestão da performance para melhorar eficácia e eficiência dos processos</li> <li>- Interação funcional entre as Direções e Chefes de Divisão.</li> </ul>

## V.9 Plano de Implementação (*Roadmap*) do SIDG-AIM

Na elaboração do plano de implementação (*Roadmap*) do SIDG-AIM, deverão ser contempladas as seguintes vertentes:

- **Vertente técnica:** relacionada com o levantamento e avaliação da informação fundamental para o SIDG-AIM e com o faseamento da implementação dos requisitos funcionais definidos;
- **Vertente organizacional:** relacionada com a adaptação necessária da organização (NAV Portugal) aos impactos que derivam da implementação do sistema;
- **Vertente formal e política:** relacionada com a definição de mecanismos de cooperação institucional e formal entre as empresas participadas e o SIDG-AIM e com o melhoramento do enquadramento legal do SIDG-AIM que permita não só a sua implementação, mas também a sua utilização efetiva como sistema de gestão de informação aeronáutica;
- **Vertente financeira:** relacionada com a decisão de investimento, orçamentação e procedimento de contratação de tudo o que implica a implementação do SIDG-AIM.

## V.10 Gestão da Mudança

O SIDG-AIM, é um instrumento fundamental no conceito AIM, pois visa a criação de um sistema partilhado, com níveis de partilha e de acesso a informação aeronáutica de todo o território nacional no que respeita às RIV. A necessidade de uma visão corporativa SI/TI, seus processos adjacentes, e relacionamentos com entidades externas, enquadra-se na percepção de que a NAV deve dispor de um modelo de evolução corporativo para a área SI/TI e organizacional. Este modelo deverá permitir maximizar a eficiência e eficácia das suas funções, através da cooperação interna e externa, alcançando novos patamares na Qualidade do serviço público que presta.

O esforço decorrente destes dois pilares estratégicos para a NAV reflete a necessidade de garantir o **alinhamento de todos os colaboradores** com a estratégia de gestão da NAV, assim como garantir uma melhoria contínua ao nível da gestão corrente.

Todas as organizações que passam por transformações ligadas aos avanços na área científica e tecnológica, são alvo de modificações não apenas em termos de equipamentos, mas sobretudo em termos de processos de trabalho e da gestão de pessoas. Com efeito, as novas tecnologias e os novos métodos de trabalho necessitam de novos conhecimentos tanto para a execução de operações como para a gestão de pessoas. **As mudanças nos processos de trabalho requerem uma conexão estratégica entre pessoas e tecnologias.** Quando uma organização decide assumir uma decisão de implementação de uma nova tecnologia ou de uma nova forma organizacional, a utilização dessa tecnologia estará sujeita às influências do clima e da cultura organizacional que devem ser considerados como peças fundamentais na gestão da organização.

Um sistema desta natureza pressupõe a cooperação de todas as entidades participantes e a colaboração de todas as pessoas envolvidas. Neste sentido, é imperativo obter um patrocínio das partes interessadas (*stakeholders*) e a manutenção de compromissos enquanto pré-requisitos de sucesso. Por outro lado, é também vital proceder à quantificação e qualificação do impacto da mudança na organização através de uma análise de Impacto.

Os *stakeholders* estão sujeitos a vários tipos de reação quando é proposto um clima de mudança, mesmo quando essa mudança se efetue de forma controlada e minimizada. Assim, a análise do clima da organização irá facilitar o mapeamento das perceções sobre o ambiente interno da organização como um ponto de partida igualmente válido para a mudança e o desenvolvimento organizacional.

Conseguir enunciar e difundir por todos os colaboradores da NAV uma visão de futuro é o primeiro passo para melhorar o desempenho organizacional e para consubstanciar a mudança competitiva, na medida em que passa a existir na mente da generalidade das pessoas uma ideia clara sobre aquilo que se pretende delas.

Relativamente ao impacto que este sistema possa ter junto dos *data users* identificados como pertinentes, nomeadamente os Controladores de Tráfego Aéreo, os Pilotos de Linha Aérea e os TICA, foi elaborado um questionário *online*, para perceber a aceitação da introdução da tecnologia no âmbito da informação aeronáutica, mais

concretamente com a opinião acerca do projeto SES, da utilização de cartografia aeronáutica e da transição do AIS para o AIM.

Das 144 respostas, 25 são Controladores, 53 são Pilotos, 27 TICA e 37 Outros (Oficiais de operações de voo, Técnicos, Gestores e Estudantes de Gestão Aeronáutica).

Cerca de 78% dos inquiridos concordam ou concordam plenamente com o projeto SES, 16% concordam pouco e 6% não concordam, o que permite constatar que existe uma maioria dos inquiridos concorda com as alterações no sector, em termos de soluções para a resolução dos problemas de congestionamento de tráfego aéreo na Europa. Nesta questão denota-se maior resistência dos Pilotos e Controladores, com 20% a não concordar, e 36% a concordar pouco. 40% dos Pilotos e Controladores concordam com o SES e só 4% concordam plenamente. Os TICA que responderam ao questionário cerca de 53% concordam e 23% concordam plenamente, estando mais recetivos a esta mudança.

Cerca de 72% utilizam cartografia aeronáutica, 90% nas mais variadas formas, em papel, em formato eletrónico PDF e via eAIP, e cerca de 10% utilizam outras formas como o EFB (Figura 77), por parte dos pilotos, com equipamentos a bordo das aeronaves disponibilizados pelas companhias aéreas com soluções adquiridas noutros países, que integram cartografia aeronáutica em formato eletrónico. 92% dos TICA utilizam cartografia aeronáutica nas suas atividades, o que torna muito pertinente a partilha de dados aeronáuticos e informação aeronáutica por via de um sistema de integrado e partilhado em toda a empresa.

Na última pergunta, foi questionada a opinião quanto à transição dos AIS para AIM, fomentando a centralização dos dados, num repositório comum, e tem como algumas características o fornecimento de dados e informações aeronáuticas disponíveis em formato digital, com mais informações aeronáuticas relevantes disponibilizadas em tempo real durante a fase de voo. 23% dos inquiridos considera extramente significativo, sendo uma maioria de 52% que considera bastante significativo. Cerca de 20,5% considera moderadamente significativo e uma pequena minoria de 3,5% considera pouco significativo.

60% dos Pilotos considera bastante significativo a transição do AIS para o AIM.

38% dos TICA consideram bastante significativo a transição do AIS para o AIM, e cerca de 46% considera extremamente significativo, o que representa a esmagadora maioria aberta à mudança de paradigma no sector.



Figura 77 – Eletronic Flight Bag

Fonte: Skybrary, 2018

A referir que em qualquer processo desta natureza numa organização complexa e de grande dimensão há sempre perspectivas diferentes sobre a sua relevância e eventuais resistências. No entanto, constatou-se pelo questionário efectuado que os *stakeholders* têm, em geral, um elevado grau de aceitação para o mesmo.

## Considerações Finais

Os SIG são transversais a diversas áreas temáticas e ao longo do meu percurso profissional e académico tive oportunidade de aplicar metodologias SIG em vários projetos, tanto a nível técnico como de coordenação, bem como de ministrar várias disciplinas e cursos inerentes a matérias SIG a centenas de alunos e formandos. Esta troca de experiências permitiu incrementar positivamente os conhecimentos na matéria.

O que motivou a elaboração desta tese foi a oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos em SIG a uma temática que julgo muito interessante, a Aeronáutica – área que estive ligado durante 7 anos em prestação de serviços na Força Aérea Portuguesa. Na sequência de uma ação de formação em SIG a um grupo de técnicos da NAV Portugal, decidi abraçar o desafio de desenvolver um projeto de investigação que tivesse como objeto de estudo a aplicação dos SIG à aeronáutica.

Após contacto mais direto com a realidade da NAV Portugal, tomei maior consciência da oportunidade de investigação, bem como das necessidades da empresa, ao nível da integração de sistemas e dados geoespaciais, e também das minhas limitações em termos de conhecimentos da indústria aeronáutica.

A pertinência do estudo persiste desde o início da elaboração da tese, pois a oportunidade de investigação tem relevância Europeia e visto que a NAV Portugal deverá começar a implementar o sistema o quanto antes, por forma a acompanhar algumas das suas congéneres e assim posicionar-se na linha da frente em termos de AIM.

As maiores dificuldades no percurso de investigação registaram-se na compreensão de toda a dinâmica dos serviços de informação aeronáutica (AIS) atualmente implementados, e na assimilação de todos os conceitos inerentes a este sector da indústria aeronáutica por forma a conseguir desenhar um modelo concetual que integre soluções SIG. Estas dificuldades marcaram bastante o percurso da investigação necessitando de um esforço acrescido no sentido de adquirir conhecimentos sobre a prestação de serviços da NAV Portugal nesta componente. Seria impossível desenvolver a investigação sem a ajuda das pessoas destacadas pela NAV

Portugal para o aconselhamento e acompanhamento. O acesso à informação foi sendo disponibilizado à medida que ia avançando em termos de investigação.

A NAV Portugal deverá agir rumo a uma mudança de paradigma e reestruturar a sua estratégia em termos de prestação de serviços AIM, o que terá obrigatoriamente impacto ao nível dos processos operativos e dos respetivos procedimentos operacionais, nos sistemas e inevitavelmente nos recursos humanos.

Esta tese visa servir de ponto de partida para o planeamento estratégico de sistemas integrados de dados geoespaciais aplicados à gestão de informação aeronáutica. Todos os prestadores de serviços de navegação aérea de todo o mundo, os ANSP, necessitam de acompanhar a evolução tecnológica e a transição do AIS para o AIM, como recomenda a ICAO. Neste momento nem todos os ANSP estão preparados a nível operacional e técnico, nomeadamente os países da Comunidade dos Países de Língua Portuguesa (CPLP), cuja proximidade da NAV Portugal se regista ao nível da formação e consultoria técnica.

Os TICA são recursos humanos com alta especialização ao nível de conhecimentos de informação aeronáutica, mas com fracos conhecimentos em SIG.

Aliando os conhecimentos em SIG ao *know how* que dispõem atualmente reuniriam as condições necessárias para a implementação do SIDG-AIM. Uma das condicionantes é a média da classe etária dos TICA, que se situa próximo dos 50 anos de idade. Ou a NAV Portugal aposta no reforço da formação em TI e SIG junto dos TICA ou contrata novos técnicos especialistas nestas matérias, à imagem de outros ANSP na Europa.

Um dos grandes objetivos deste sistema integrado é tornar possível partilhar de uma forma célere a informação aeronáutica junto dos vários *data users*, nomeadamente os pilotos, que poderão ter à disposição no *cockpit* toda a informação necessária à medida que progridem no espaço aéreo, ou mesmo aceder, de uma forma antecipada, à informação (estática ou dinâmica), referente ao Aeródromo/Heliporto onde irão proceder à aterragem ou descolagem. Neste caso o piloto poderá aceder à visualização gráfica do aeródromo com as limitações de operação associadas, como por exemplo, consultar, durante o voo, quais as pistas que se encontram fechadas ou com

limitações, se for o caso, ou os caminhos de circulação disponíveis, naquele preciso momento.

Este sistema também deverá ser extensível a todos os intervenientes nos procedimentos ATM, desde os Controladores do Tráfego Aéreo aos administradores das BD, de acordo com as necessidades de cada utilizador e, principalmente em conformidade com níveis e restrições de acesso num sistema partilhado de dados.

A NAV Portugal, com a implementação do SIDG-AIM pode começar a desenvolver soluções integradoras, comercializáveis para o universo de *data users*, consoante a sua tipologia. Com a informação centralizada será mais fácil a sua atualização e sincronização com os sistemas que sustentam essas aplicações.

Em termos de perspetivas de replicação do modelo noutros contextos geográficos o SIDG-AIM sendo um modelo conceptual AIM, muito regulado no plano internacional (ICAO, IATA, EASA, etc...), pode ser transposto para outros países, designadamente no contexto da CPLP.

Dando continuidade à investigação considerando trabalhos futuros, deverá ser desenvolvido um sistema de conceitos, por forma a articular o quadro normativo do setor aeronáutico com a estratégia de implementação do sistema proposta nesta tese.

## BIBLIOGRAFIA

- AERONAVDATA. (2012). Airport Mapping Data, 1–23.
- Antunes, M. J. F. (2008). Plano de Voo Apoiado em Sistemas de Informação Geográfica. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Architecture And Standards Working Group. Editor: Paul Smits. (2002). INSPIRE Architecture and Standards Position Paper. JRC-Institute for Environment and Sustainability, Ispra, 1–64.
- Barth, F. J., Mussoi, A. L. G., Staniscia, G. F., & Timoszczuk, A. P. (2008). Aeronautical Information Management e a Interoperabilidade de Informações Aeronáutica. VII Simpósio de Transporte Aéreo, 7, 530–538.
- Blin, A. H. (2010). Navegação Aérea: Curso de Piloto Particular de Aeroplanos, 1–134.
- Caeiro, S. (2013). Sistemas de Informação Geográfica: Principais Conceitos, 1–41.
- Comissão Europeia. (2004a). Regulamento (CE) N.º 549/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 10 de Março de 2004 que estabelece o quadro para a realização do céu único europeu. Jornal Oficial Da União Europeia, (549), 8.
- Comissão Europeia. (2004b). REGULAMENTO (CE) N.º 552/2004 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 10 de Março de 2004 relativo à interoperabilidade da rede europeia de gestão do tráfego aéreo. Jornal Oficial Da União Europeia, (552), 17.
- Comissão Europeia. (2010). REGULAMENTO (UE) N.º 73/2010 DA COMISSÃO de 26 de Janeiro de 2010 que estabelece os requisitos aplicáveis à qualidade dos dados aeronáuticos e da informação aeronáutica no Céu Único Europeu. Jornal Oficial Da União Europeia, 2010 (73), 6–27.
- Comissão Europeia. (2013a). Céu Único: Comissão avança com medidas para combater o congestionamento no espaço aéreo europeu. EUROPA - PRESS RELEASES, 1–3.
- Comissão Europeia. (2013b). Proposta de Regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho relativo à implementação do Céu Único Europeu, 98.
- Commission, T., Consultation, I., Committee, S. D., Committee, S. S., States, M.,

- Common, E., ... Agency, E. U. (2002). Who does what ? SINGLE SKY 2 +.
- CNIG. (1993). Manual para a Exploração de Sistemas de Informação Geográfica em Portugal. Vols. I, II, III e IV, MPAT-SEALOT, Lisboa.
- Cotter, D.; Gibson, R.; Liston, R.; Tom, H.; Trainor, T.; Pete VanWyhe, H. (1988). A Process for Evaluating Geographic Information Systems. S. C. Guptill (ed.). Federal Interagency Coordinating Committee on Digital Cartography. 141 pp.
- Cosme, A. (2013). Informação Geográfica e Tecnologias para o Ordenamento do Território - Gestão da Qualidade e Modelo de Sistema de Submissão de Instrumentos de Gestão Territorial ( IGT ). UNL-FCSH, Lisboa.
- EASA. (2017). Technical requirements and operational procedures for aeronautical information services and aeronautical information management. Notice of Proposed Amendment 2016-02, RMT.0477, 1–104.
- ESRI. (2010). Spatial Data Infrastructure. A Collaborative Network, 1–8.
- ESRI. (2013). Aeronautical: GIS Best Practices. GIS for Aeronautical Organizations, 1–32.
- Eurocontrol. (2006). From Ais To Aim a Strategic Road Map for Global Change. European Air Traffic Management Programme, 60.
- Eurocontrol. (2015). EUROCONTROL Terrain and Obstacle Data Manual, (November), 1–225.
- EUROCONTROL. (2013a). Centralised Service on European ATM Information Management (EAIMS) Concept of Operations (CONOPS), (October), 0–53.
- EUROCONTROL. (2013b). EUROCONTROL Specification for the Origination of Aeronautical Data Volume 2. Guidance Material (Vol. 2).
- European Commission. (2009). Hearing on Light Unmanned Aircraft Systems. DIRECTORATE E - Air Transport, 1–38.
- Europeia, U. (2010). REGULAMENTO (UE) N.º 73/2010 DA COMISSÃO de 26 de Janeiro de 2010 que estabelece os requisitos aplicáveis à qualidade dos dados aeronáuticos e da informação aeronáutica no Céu Único Europeu. Jornal Oficial Da União Europeia, 22.

- GlobalAIS. (2006). AIM, AICM and AIXM Introduction. Global AIS - Congress & Exhibition, 1–26.
- Gouveia, L. B., & Ranito, J. (2004). Sistemas de Informação de Apoio à Gestão.
- ICAO. (2002). Doc 9674 - World Geodetic System - 1984 (WGS-84) Manual (2nd edition, Vol. 1984).
- ICAO. (2003). Doc 8126 - Aeronautical Information Services Manual (6th edition). (Incorporating Amendments 2; effective date: 28.09.2009).
- ICAO. (2008). Doc 9882 - Manual on Air Traffic Management System Requirements.
- ICAO. (2009a). Annex 4 to the Convention on International Civil Aviation: Aeronautical Charts (11th Edition). (Incorporating Amendment 1-59; effective date: 16.11.2016).
- ICAO. (2009b). Roadmap for the Transition from AIS to AIM, 1–32.
- ICAO. (2012). The Convention on International Civil Aviation - Annexes 1 to 18. Convention on International Civil Aviation, 29–31.
- ICAO. (2013). Annex 19 to the Convention on International Civil Aviation: Safety Management.
- ICAO. (2015). Doc 10039 - Manual on System Wide Information Management (SWIM) Concept, 1–78.
- ICAO. (2016a). Annex 15 to the Convention on International Civil Aviation: Aeronautical Information Services (15th edition). (Incorporating Amendment 1-39-A; effective date: 10.11.2016).
- ICAO. (2016b). Doc 8697 - Aeronautical Chart Manual - 3e Amendement (2006) (3rd edition). (Incorporating Corrigenda 1; effective date: 10.6.2016).
- ICAO. (2017). FROM AIS TO AIM - THE STRATEGIC EVOLUTION OF AERONAUTICAL INFORMATION MANAGEMENT (AIM). Working Paper Assembly: 36Th Session, 13 (july 2017), 5.
- INSPIRE - Drafting Team on Data Specification. (2008). INSPIRE - Definition of Annex Themes and Scope, 132.
- INSPIRE Thematic Working Group Transport Networks. (2014). D2.8.I.7 Data

- Specification on Transport Networks – Technical Guidelines. European Commission Joint Research Centre, 1–246.
- Isulv, A., & Lage, J. (2013). Aeronautical Information - And the Process behind It. Linköping University, Sweden.
- Julião, R. P. (2001). Tecnologias de Informação Geográfica e Ciência Regional - Contributos Metodológicos para a Definição de Modelos de Apoio à Decisão em Desenvolvimento Regional. UNL-FCSH, Lisboa.
- Klinger, G. (2008). Enabling INSPIRE for Aeronautical Information Management. Salzburg University.
- LandairSurveys. (2014). Surveying innovations in quarrying, 1–40.
- Lasnier, G. (2010). Understanding ICAO ETOD requirements: ICAO Study best GIS practice, 1–65.
- Lasnier, G. (2016). The future is here UAV for ETOD and GIS solution The future is here UAV for ETOD and GIS solution, (November 2015), 1–195.
- Longley, P. A., Goodchi, Ld, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2011). Geographical Information Systems and Science. City (Vol. 83).
- Lufthansa Systems. (2017). Lido / Navigation: Smart navigation solutions for your flight deck, 4.
- Morgado, P. (2010). Efeito Estruturante das Redes de Transporte no Território: Modelo de Análise. Faculdade de Letras de Universidade de Lisboa.
- MSI. (1997). Livro Verde para a Sociedade da Informação em Portugal. Iniciativa Nacional Para a Sociedade Da Informação, 1–119.
- NAV. (2009). SISTEMA AIS DA NAV PORTUGAL - Plano de Gestão da Segurança, (2.0), 1–28.
- NAV. (2017). Manual do Sistema de Gestão Integrado, (16), 1–58.
- NAV. (2018b). eTOD - Enquadramento Geral, (v0.1), 7.
- Policarpo, P. (2013). Relatório Estágio na NAV Portugal, E.P.E. Faculdade de Direito da Universidade Nova de Lisboa.

- Prazeres, S., & Julião, R. P. (2015a). O Céu Único Europeu e as Infraestruturas de Dados Espaciais. X CONGRESSO DA GEOGRAFIA PORTUGUESA Os Valores Da Geografia Lisboa, 9 a 12 de Setembro de 2015 , 6.
- Prazeres, S., & Oliveira, J. A. (2015). Rotinas e produtividade em SIG. X CONGRESSO DA GEOGRAFIA PORTUGUESA Os Valores Da Geografia Lisboa , 9 a 12 de Setembro de 2015, 6.
- Prazeres, S., Oliveira, J. A., & Duro, N. (2015). Monitorização e Modelação Geográfica com UAV. X CONGRESSO DA GEOGRAFIA PORTUGUESA Os Valores Da Geografia Lisboa, 9 a 12 de Setembro de 2015, 6.
- Pufahl, A. G. (2012). The Aeronautical Information Management Concept (Vol. 0.9.1).
- Rajabifard, A., Binns, A., Masser, I., & Williamson, I. (2006). The role of sub-national government and the private sector in future Spatial Data Infrastructures. *Internacional Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 727–741.
- Richardson, K. (2012). Better charts in less time. *Air Traffic Technology International* 2012, 92–94.
- Robinson, D. D. (2009). GIS for Airports – Electronic Terrain and Obstacle Data Model. University of Redlands.
- Rodríguez, C., Bravo, M. J., Benavides, D., Siabato, W., Moya, J., Manso, M. Á., & Bernabé, M. Á. (2009). Aeronautical Metadata Profile based on Geographic International Standards. “8th Innovative Research Workshop & Exhibition – EUROCONTROL”, 1-3 Dic 2009, Brétigny-Sur-Orge, Francia., 1–9.
- Rolo, M. T. (2015). COMANDO AÉREO. *Revista MAISALTO*, 414, 7.
- Rosa, F. D. (2006). Humberto Delgado e a Aviação Civil : edição comemorativa do Centenário do Nascimento de Humberto Delgado e do 60º Aniversário da inauguração da Linha Aérea Imperial. Chaves Ferreira Publicações.
- Sadiku, M. N. O., Tembely, M., & Musa, S. M. (2017). *Geographic Information Systems: A Primer*, 7 (3), 47–48.
- Santos, J. C. dos. (1996). O Direito Aéreo e a Aeronáutica Militar. *Boletim Do Instituto de Altos Estudos Da Força Aérea*, 9, 203–234.

SESAR. (2017a). Digitalising Europe's aviation infrastructure - a discussion paper, (November), 8.

SESAR, Systems, L., Solutions, S., & AIRBUS. (2017). Future of airline operations. Operations Control Centre Perspective, 19.

STEFANOVIC, P.; DRUMOND, J.; MULLER, J.P. (1989). "It's Response to the Need for Training in CAL and GIS" in International Seminar Proceedings, Dehra DUN, INCA, pp. 450-460.

## **WEB**

ANA. (2018). ANA - Aeroportos de Portugal. Retrieved March 23, 2018, em: <https://www.ana.pt/pt/institucional/home>

ANAC. (2018). Entrada de Canal. Retrieved March 23, 2018, em: <http://www.anac.pt/vPT/Generico/ANAC/Paginas/EntradadeCanal.aspx>

ATCentro. (2018). Regulação Aeronáutica. Retrieved March 22, 2018, em: <http://atcentro.pt/regulamento.html>

Direção-Geral do Território. (2016). SNIT. Disponível em: [http://www.dgterritorio.pt/sistemas\\_de\\_informacao/snit/o\\_que\\_e\\_o\\_snit\\_/enquadramento\\_e\\_evolucao/](http://www.dgterritorio.pt/sistemas_de_informacao/snit/o_que_e_o_snit_/enquadramento_e_evolucao/)

Direção-Geral do Território. (2017a). SNIG – Evolução. Disponível em: [http://snig.dgterritorio.pt/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=159&Itemid=223&lang=pt](http://snig.dgterritorio.pt/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=159&Itemid=223&lang=pt)

Direção-Geral do Território. (2017b). INSPIRE. A Diretiva. Disponível em: [http://snig.dgterritorio.pt/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=162&Itemid=226&lang=pt](http://snig.dgterritorio.pt/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=162&Itemid=226&lang=pt)

Direção-Geral do Território. (2018). SNIG – Apresentação. Disponível em: [http://snig.dgterritorio.pt/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2&Itemid=24&lang=pt](http://snig.dgterritorio.pt/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=24&lang=pt)

Eurocontrol. (2017). Standards and Recommended Practices (SARPS) - SKYbrary Aviation Safety. Retrieved March 8, 2018, em:  
[https://www.skybrary.aero/index.php/Standards\\_and\\_Recommended\\_Practices\\_\(SARPS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Standards_and_Recommended_Practices_(SARPS))

Eurocontrol. (2018a). Aeronautical Information Exchange Model (Phase 3 P-09) | Eurocontrol. Retrieved April 18, 2018, em:  
<http://www.eurocontrol.int/services/aeronautical-information-exchange-model-phase-3-p-09>

Eurocontrol. (2018b). AIXM 5.1 - Data sources (XML). Retrieved April 19, 2018, em:  
[https://ext.eurocontrol.int/aixmwiki\\_public/bin/view/Main/XML\\_Tags#H5BLive5DEuropeanAISDatabase28EAD29](https://ext.eurocontrol.int/aixmwiki_public/bin/view/Main/XML_Tags#H5BLive5DEuropeanAISDatabase28EAD29)

EUROCONTROL. (2018a). AIRM - ATM Information Reference Model. Retrieved April 15, 2018, em: <http://airm.aero/>

EUROCONTROL. (2018b). AMXM - Aerodrome Mapping Exchange Model. Retrieved May 17, 2018, em: <http://amxm.aero/>

EUROCONTROL. (2018c). The European AIS Database (EAD) | Eurocontrol. Retrieved May 17, 2018, em: <http://www.eurocontrol.int/articles/european-ais-database-ead>

EUROCONTROL. (2018d). Who we are | Eurocontrol. Retrieved March 22, 2018, em: <http://www.eurocontrol.int/articles/who-we-are>

European Commission. (2018a). INSPIRE Geoportal. Retrieved May 2, 2018, em: <http://inspire-geoportal.ec.europa.eu/>

European Commission. (2018b). Single European Sky 2+. Retrieved March 23, 2018, em: [https://ec.europa.eu/transport/modes/air/single\\_european\\_sky/ses2plus\\_en](https://ec.europa.eu/transport/modes/air/single_european_sky/ses2plus_en)

FAP. (2018). Força Aérea Portuguesa. Retrieved March 23, 2018, em: <http://www.emfa.pt/www/index>

Geocities. (2018). EGM96 Mapping. Retrieved May 2, 2018, em: <http://www.geocities.ws/geodsci/geoidmaps.htm>

ICAO. (2012). The Convention on International Civil Aviation - Annexes 1 to 18.

- Convention on International Civil Aviation, 29–31.
- ICAO. (2013). Annex 19 to the Convention on International Civil Aviation: Safety Management.
- ICAO. (2015). Doc 10039 - Manual on System Wide Information Management (SWIM) Concept, 1–78.
- ICAO. (2018a). Aeronautical Information Management (AIM). Retrieved April 15, 2018, em: <https://www.icao.int/safety/information-management/Pages/default.aspx>
- ICAO. (2018b). AIRAC. Retrieved March 15, 2018, em: <https://www.icao.int/safety/information-management/Pages/AIRACAdherence.aspx>
- ICAO. (2018c). Roadmap for the transition from AIS to AIM. Retrieved April 15, 2018, em: <https://www.icao.int/safety/information-management/Pages/RoadmapfromAIStoAIM.aspx>
- Kable. (2016). On the Ground or in the Air: GIS for Aviation – ESRI. Disponível em: <https://www.airport-technology.com/features/feature760/>
- Landmap Geoknowledge. (2018). Web Map Services. Disponível em: <http://learningzone.rspoc.org.uk/index.php/Learning-Materials/Introduction-to-OGC-Standards/3.1-Web-Map-Services-WMS>
- NATS. (2018). Aeronautical Information Management (AIM) - NATS. Retrieved April 4, 2018, em: <https://www.nats.aero/services/information/aim/>
- NAV. (2018a). AIS/EAD. Retrieved April 16, 2018, em: <https://www.nav.pt/nav/serviços-de-navegação-aérea-1/ais-ead>
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C., & Slack, B. (2017). The Geography of Transport System. Retrieved em: <https://www.book2look.com/embed/9781317210092>
- SESAR. (2017b). SESAR Joint Undertaking | European aviation: Challenges, strategy and the Single European Sky agenda. Retrieved March 16, 2018, em: <http://www.sesarju.eu/news/european-aviation-strategy-hololei>
- Skybrary. (2018a). Automatic Terminal Information Service (ATIS) - SKYbrary Aviation

Safety. Retrieved May 16, 2018, em:

[https://www.skybrary.aero/index.php/Automatic\\_Terminal\\_Information\\_Service\\_\(ATIS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Automatic_Terminal_Information_Service_(ATIS))

Skybrary. (2018b). Electronic Terrain and Obstacle Data (eTOD) - SKYbrary Aviation

Safety. Retrieved May 17, 2018, em:

[https://www.skybrary.aero/index.php/Electronic\\_Terrain\\_and\\_Obstacle\\_Data\\_\(eTOD\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Electronic_Terrain_and_Obstacle_Data_(eTOD))

Skybrary. (2018c). Notice To Airmen (NOTAM) - SKYbrary Aviation Safety. Retrieved

May 17, 2018, em:

[https://www.skybrary.aero/index.php/Notice\\_To\\_Airmen\\_\(NOTAM\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Notice_To_Airmen_(NOTAM))

## ANEXOS

### Anexo I - Reunião/Entrevista NAV Portugal

[Departamento]

[data: xx-xx-2012]

Participantes:

---

<b>1- Enquadramento da [Departamento] na estrutura organizacional/Competências</b>
<b>2- Procedimentos/Processos</b>
<b>3- Tecnologia e Sistemas de Informação existentes</b>
<b>4- Levantamento de informação existente/utilizada</b>
<b>5- Articulação/relação com entidades externas</b>
<b>6- Recursos Humanos: identificação de potenciais utilizadores de SIG (Sistemas de Informação Geográfica)</b>
<b>7- Suporte legal (se aplicável)</b>

## Anexo II - Questionário *online* 2018

Inquérito no âmbito da elaboração de tese de doutoramento

Estudo de caso: NAV Portugal, E.P.E.

Esta tese visa conceber uma proposta para um  
**Sistema Integrado de Dados Geoespaciais aplicado à Gestão da  
Informação Aeronáutica (SIDG-AIM)**

Doutorando: Sérgio Alexandre Monteiro Prazeres  
Obrigado pela sua colaboração.

OK

1. Qual a sua categoria profissional?

Controlador de Tráfego Aéreo  
Piloto de Linha Aérea  
Técnico de Informação e Comunicações Aeronáuticas (TICA)  
Outro (especifique)

2. Concorda que o projeto *Single European Sky (SES)*, promovido pela União Europeia, possa dar origem a soluções para a resolução dos problemas de congestionamento de tráfego aéreo na Europa?

4. Concordo plenamente.

3. Concordo.

1. Não concordo

2. Concordo pouco.

### 3. Utiliza com frequência Cartografia Aeronáutica?

- Sim
- Não

### 4. Se a sua resposta foi sim, assinale a(s) forma(s) como acede às cartas aeronáuticas.

- Em papel
- Em formato eletrónico PDF
- Via eAIP
- Todas as formas anteriormente mencionadas.
- Outro (especifique)

### 5.

*"That ICAO, when developing ATM requirements, define corresponding requirements for safe and efficient global aeronautical information management that would support a digital, real-time, accredited and secure aeronautical information environment"*

*(Roadmap for the Transition from AIS to AIM - ICAO, 2009, p.1.2).*

Como vê a transição dos Aeronautical Information Services (AIS) para o conceito Aeronautical Information Management (AIM), que fomenta a centralização dos dados, num repositório comum, e tem como algumas características o fornecimento de dados e informações aeronáuticas disponíveis em formato digital, com mais informações aeronáuticas relevantes disponibilizadas em tempo real durante a fase de voo.

- 1. Pouco significativo
- 2. Moderadamente significativo
- 3. Bastante significativo
- 4. Extremamente significativo

CONCLUÍDO

Executado pela



Veja como é fácil [criar um inquérito](#).

[Política de privacidade e cookies](#)