

AGENDA TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO

Espaço e Observação da Terra

Versão de março 2019

AGENDA TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO

ESPAÇO E OBSERVAÇÃO DA TERRA

COORDENAÇÃO DO GRUPO DE PERITOS:

Investigação: Mário J. Monteiro - IA (UP), Paulo Garcia - CENTRA (UP)

Inovação: Celeste Pereira (HPS) ♦, Elsa Alexandrino (Elecnor Deimos) ♦, Francisco Cunha (Tekever) ♦

♦ Peritos Designados pela PROESPAÇO – Associação Portuguesa das Indústrias do Espaço que integra o Cluster AED – Cluster Aeronáutica, Espaço e Defesa

GRUPO DE PERITOS:

(1) Ciências do Universo

Alexandre Correia – CIDMA (U. Aveiro)

André Moitinho - CENTRA (U. Lisboa)

Bernardo Tomé - LIP (U. Lisboa)

João Fernandes - CITEUC (U. Coimbra)

José Afonso - IA (U. Lisboa)

José Lemos - CENTRA (U. Lisboa)

Mário J. Monteiro - IA (U.Porto) - **Redator**

Nuno Santos - IA (U. Porto)

Paulo J. V. Garcia - CENTRA (U.Porto) - **Redator**

Vítor Cardoso - CENTRA (U. Lisboa)

(2) Tecnologias para o Espaço

Anna Guerman - CCTA (U. Beira Interior)

António Falcão - UNINOVA (UN. Lisboa)

José Rebordão – IA (U. Lisboa)

Luis Braga Campos - IDMEC (U. Lisboa)

Mário Lino da Silva - IPFN (U. Lisboa)

Nuno Borges Carvalho - IT (U. Aveiro)

Orfeu Bertolami – CF – UM - UP (U. Porto)

Patrícia Gonçalves - LIP (U. Lisboa) - **Redatora**

Paulo Gil - IDMEC (U. Lisboa)

Pedro Camanho - INEGI (U. Porto)

Pedro Lima - ISR (U. Lisboa) – **Redator**

(3) Observação da Terra

Davide D'Alimonte - CIMA (U. Algarve)

Isabel Trigo (IPMA) - **Redatora**

João Catalão - IDL (U. Lisboa)

José C. da Silva - CIIMAR (U. Porto)

José R. Marques da Silva - ICAM (U. Évora)

Vanda Brotas - MARE (U. Lisboa) - **Redatora**

♣ Peritos referenciados alfabeticamente

Equipa Técnica da FCT:

Coordenação: Emir Sirage (com a colaboração de Cristiana Leandro) até Junho 2018 e Madalena Antunes Pereira (no período seguinte)

Colaboração: Ana Reis, Ana Sutcliffe, Ricardo Araújo

Agradecimento: Luís Serina pelos comentários e sugestões

Colaboração do Gabinete de Estudos e Estratégia:

Isabel Reis com a colaboração de Inês Fonseca (mapeamento de financiamentos)

Daniel Ferreira e Vanja Karadzic (consulta a organismos públicos)

Coordenação Geral:

José Bonfim

Tiago Santos Pereira

Agradecimentos

À Dr.ª Filomena Oliveira e ao Dr. Alexandre Paredes da Direcção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (DGEEC) pela informação apurada.

As Agendas Temáticas de Investigação e Inovação dinamizadas pela FCT, entre as quais a presente Agenda Temática, foram desenvolvidas por Grupos de Peritos designados conjuntamente pela FCT e por Centros e Unidades de investigação, empresas e outras entidades com investigação e inovação relevantes nas respetivas áreas, em número variável.

Os Grupos de Peritos identificaram equipas de coordenação e diferentes formas de contribuição para as Agendas tendo sido apoiados ao longo do processo por equipas técnicas da FCT.

**AGENDA TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO
ESPAÇO E OBSERVAÇÃO DA TERRA**

Índice

Índice	5
Nota introdutória	7
Sumário Executivo	8
Executive Summary	12
Capítulo 1 - Visão e Desafios para 2030	16
1.1 Visão para o Espaço em Portugal até 2030	16
1.2 A importância do Espaço para Portugal	17
1.3 Os grandes desafios para o desenvolvimento do sector do Espaço em Portugal	18
Capítulo 2 - Investigação e Inovação na área do Espaço em Portugal e no Mundo	21
2.1 Estado da Arte: os desenvolvimentos dos últimos 10 anos	21
2.2 Estratégias de Investigação e Inovação para o Espaço, a nível internacional	24
2.3 A Investigação e Inovação em Portugal na área do Espaço nos últimos 15 anos	28
2.4 Diagnóstico da área em Portugal.....	37
Capítulo 3 - As Políticas Públicas e a Investigação e Inovação na área do Espaço e Observação da Terra	44
3.1 O Espaço e a Observação da Terra e as Políticas Públicas no passado recente: temas e impactos	44
3.2 Desafios para a agenda de investigação e inovação	47
Capítulo 4 - Domínios (sub-temas) e agendas de investigação.....	54
4.1 Ciências do Universo.....	54
4.1.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030.....	54
4.1.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos.....	58
4.1.3 As questões chave para uma agenda de investigação	60
4.1.4 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro	63
4.2 Tecnologias para o Espaço.....	65
4.2.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030.....	65
4.2.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos.....	67
4.2.3 As questões-chave para uma agenda de investigação.....	70
4.2.4 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro	71
4.3 Observação da Terra.....	72
4.3.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030.....	72
4.3.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos.....	73
4.3.3 As questões chave para uma agenda de investigação	74
4.3.4 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro	76
Capítulo 5 - Perspetivas de inovação tecnológica	78
5.1 Dimensões da Inovação Tecnológica.....	78

5.2 Grandes desafios de inovação tecnológica.....	80
5.2.1 Dimensão 1: Sistemas e equipamentos.....	82
5.2.2 Desafios e objetivos para Portugal até 2030.....	82
5.2.3 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos	83
5.2.4 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação.....	84
5.2.5 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro	85
5.3 Dimensão 2: Plataformas.....	86
5.3.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030.....	86
5.3.2 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos	87
5.3.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação.....	88
5.3.4 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro	89
5.4 Dimensão 3: Infraestruturas.....	90
5.4.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030.....	90
5.4.2 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos	90
5.4.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação.....	91
5.4.4 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro	92
5.5 Dimensão 4: Serviços.....	93
5.5.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030.....	93
5.5.2 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos	94
5.5.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação.....	95
5.5.4 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro	97
Capítulo 6 - A Agenda Estratégica de Investigação e Inovação para o Espaço e Observação da Terra	98
6.1 A Agenda e a Sociedade.....	98
6.2 As áreas estratégicas para a Investigação e a Inovação no Espaço até 2030.....	99
Referências Bibliográficas.....	108
Glossário de Termos e Acrónimos.....	109

Nota introdutória

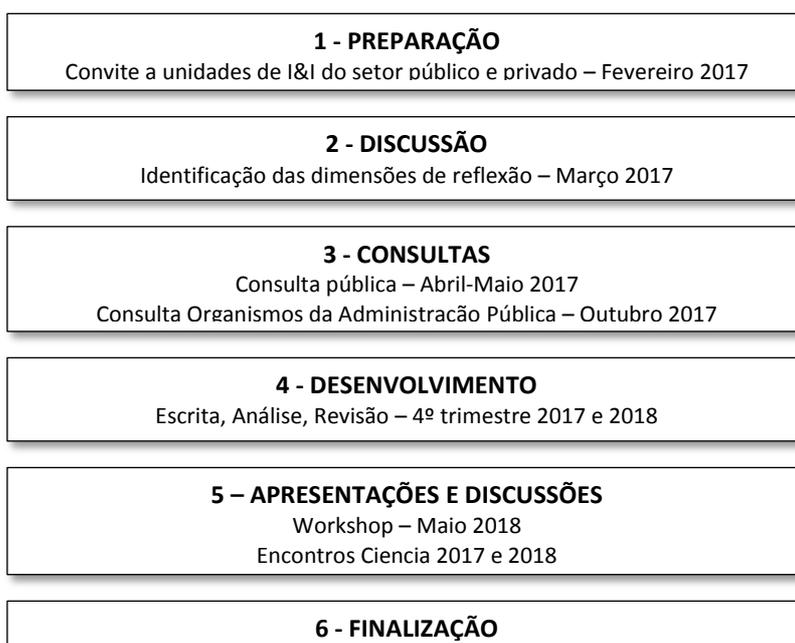
A Agenda de Investigação e Inovação Espaço e Observação da Terra representa a visão conjunta multi-ator, no horizonte de 2030, definindo as apostas estratégicas para a resposta ao desígnio enunciado para o Espaço na “Estratégia Portugal Espaço 2030”.

A Agenda consubstancia os contributos de um grupo diversificado de atores nacionais, provenientes da academia, centros de investigação, empresas e entidades públicas, num amplo processo de diálogo, com coordenação global da Fundação para a Ciência e Tecnologia.

O documento reflecte a visão harmonizada do grupo de peritos e do trabalho de edição dos redactores, coordenadores e da própria equipa da FCT. Adicionalmente foram considerados os contributos da sociedade civil, escritos e orais, recolhidos nomeadamente durante e após o *Workshop* de apresentação e discussão pública da Agenda, realizado a 29 de Maio de 2018, no Pavilhão do Conhecimento, assim como nos Encontros com a Ciência e a Tecnologia em Portugal de 2017 e 2018.

Pretende-se que o documento tenha um carácter dinâmico e, como tal, poderá e deverá sofrer alterações e actualizações sempre que a comunidade nacional reconheça a necessidade de “ajustamentos” estratégicos de I&I na temática. O objectivo é facilitar e potenciar a troca de conhecimento entre os actores do Sistema de I&I e “desenhar” novas oportunidades de cooperação institucional como condição para assegurar a sustentabilidade dos desafios e oportunidades identificados.

PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA AGENDA TEMÁTICA DE I&I: UMA ABORDAGEM MULTI-ATOR E BOTTOM UP 6 Etapas



Sumário Executivo

A Agenda de Investigação e Inovação para o Espaço e Observação da Terra integra-se numa das dimensões estratégicas de actuação para a concretização do **“Compromisso com o Conhecimento e a Ciência: O Compromisso com o Futuro”** (RCM nº 32/2016).

A **visão e os desafios para o Espaço em Portugal até 2030** inserem-se na resposta ao desígnio definido na “Estratégia Portugal Espaço 2030 – Uma estratégia de Investigação, Inovação e Crescimento para Portugal” (RCM nº 30/2018), cujo desenvolvimento e implementação assentam em três **eixos estratégicos**: **1)** exploração de dados e sinais espaciais; **2)** desenvolvimento, construção e operação de equipamentos, sistemas e infraestruturas espaciais e de serviços de produção de dados espaciais; e **3)** desenvolvimento da capacidade e competências nacionais através da investigação científica, inovação, educação e cultura científica.

A agenda está organizada nas vertentes: investigação e inovação. A vertente investigação está subdividida nas áreas: Ciências do Universo, Tecnologias para o Espaço e Observação da Terra, reflectindo o “estado-da-arte” nacional. A vertente inovação está estruturada numa lógica de cadeia de valor, definindo as dimensões de forma incremental e identificando os objectivos e os desafios tecnológicos que estão associados a cada uma delas.

A **Agenda de Investigação e Inovação para o Espaço e Observação da Terra**, visa **potenciar**, em cada um dos subtemas, os **desenvolvimentos já atingidos**, permitindo identificar **novas oportunidades** de cooperação institucional, e ilustrar a sua contribuição para a **abordagem dos desafios sociais**.

Os **desafios e objectivos** identificados como **estratégicos**, no **horizonte de 2030**, alicerçam-se na existência de massa crítica, na capacidade

instalada e nas oportunidades que as medidas de política anunciadas e/ou já em implementação possam vir a suscitar.

Na identificação das áreas das Ciências do Universo que, em Portugal, têm massa crítica utilizou-se um critério, definido consensualmente, e como referência a classificação do painel *“Universe Sciences”* do *European Research Council*. As áreas “Bases de dados” e “Instrumentação” não foram consideradas dado que integram o painel de “Tecnologias para o Espaço”. No caso das Tecnologias para o Espaço a identificação das áreas de investigação desenvolvidas e consolidadas teve subjacente a taxinomia da ESA “Technology Tree”.

A investigação no âmbito das **CIÊNCIAS DO UNIVERSO** caracteriza-se por fortes competências e elevado nível de internacionalização capaz de sustentar um **desenvolvimento a longo prazo** de elevado valor científico e impacto internacional, nas seguintes **áreas estratégicas**:

- “Sistemas planetários” (incluindo exoplanetas);
- “Estrelas e sistemas estelares”;
- “Formação e evolução de galáxias”;
- “Astrofísica das altas energias e astro-partículas” e “Matéria escura e energia escura” (nos aspectos em comum com as astro-partículas);
- “Astrofísica relativista” e “Astronomia gravitacional” (ondas gravitacionais);
- “Cosmologia” e “Matéria escura e energia escura” (nos aspectos em comum com a cosmologia).

Identificaram-se ainda outras áreas com elevado potencial de expansão nacional, designadamente:

- Sistema Solar e Meteorologia Espacial, ainda que sem massa crítica, pelo enorme potencial para a transferência de conhecimento para actividades sociais e económicas;

- Astrobiologia, pelo grande potencial de expansão internacional.

No quadro das **TECNOLOGIAS PARA O ESPAÇO**, a criação de condições para a **integração** de contributos das **várias áreas tecnológicas e inserção** dos mesmos nas **áreas de Observação da Terra e das Ciências do Universo** é uma **condição primordial** para a **optimização** do **investimento** que tem vindo a ser feito **em I&I**, permitindo utilizar o conhecimento adquirido em novas aplicações a veículos e sistemas espaciais.

Um **desafio** para o presente e **futuro próximo** é o **aumento da capacidade instalada de processamento e análise de grandes quantidades de dados** indispensáveis quer ao controlo de satélites e missões quer na integração e sua utilização pela comunidade de dados de “Observação da Terra”.

As **áreas tecnológicas** em que **Portugal** poderá contribuir na **próxima década** são:

- Dinâmica Espacial;
- Materiais e Estruturas;
- Controlo e Robótica;
- Telecomunicações;
- Navegação por Satélite;
- Integração de Subsistemas e Sistemas;
- Sensores e Meios de Ensaio;
- Processamento de Dados;
- Estudo e aplicações para o ambiente de radiação no espaço; e
- Instrumentação para Ciências do Universo e Observação da Terra.

Os satélites de **OBSERVAÇÃO DA TERRA** são uma das principais fontes de dados sobre o nosso Planeta. Face ao crescimento – da quantidade, qualidade e variedade de observações a explorar – perspectivado para os próximos 10 a 15 anos, é possível afirmar-se que a **detecção remota** será, certamente, o **principal meio** de **recolha** de **dados** sobre o **nosso Planeta**.

Alguns dos **desafios e oportunidades** que se irão colocar à **investigação** no âmbito da

OBSERVAÇÃO DA TERRA passam por novos sensores – activos e passivos – para estimar variáveis de superfície; desenvolvimento de estudos sobre a sensibilidade dos modelos de previsão numérica de tempo; e desenvolvimento de novos algoritmos e metodologias.

Os desafios e objectivos para Portugal até 2030 são:

- Ciências do Universo:
 - integração nas grandes agendas internacionais, nomeadamente da Comissão Europeia e das organizações e dos países que a nível internacional desempenham um papel de liderança nas várias áreas das Ciências do Universo;
 - ligação aos planos já estabelecidos para as grandes instituições internacionais em que Portugal participa, em particular a ESA e o ESO.
- Tecnologias para o Espaço:
 - participação nas missões científicas da ESA e do ESO, com uma abordagem sinérgica quer de desenvolvimentos tecnológicos e tecnologia nacional, quer com a participação nacional nas equipas científicas das missões potenciando a visibilidade e capacidade nacional;
 - potenciação das áreas emergentes, como desenvolvimento de sistemas de micro e nano satélites, em constelações, relevantes para missões de observação da terra e aplicações marítimas;
 - promoção do uso das infraestruturas tecnológicas e de testes existentes no país, potenciando a sua utilização para novos desenvolvimentos tecnológicos, e pela comunidade científica internacional;
 - utilização das infraestruturas científicas internacionais no âmbito das Ciências do Universo e da Observação da Terra.
- Observação da Terra:
 - boa coordenação entre Universidades, Centros/Instituições de Investigação,

centros envolvidos no processamento de observações, e o sector privado;

- envolvimento dos utilizadores/stakeholders para a promoção da utilização dos dados de satélite (detecção remota); e
- existência de dados *in situ* para validação de variáveis estimadas remotamente assim como para apoio a novos algoritmos e metodologias.

A **INOVAÇÃO TECNOLÓGICA** tem sido a **actividade estruturante** do sector **Espaço em Portugal** e está na base dos processos de especialização e de crescente integração que irão definir a indústria do Espaço durante os próximos 15 anos.

Os **maiores desenvolvimentos** ao longo dos **últimos anos** têm sido na **dimensão de subsistemas** no domínio dos instrumentos, dos sistemas de comunicações e de controlo, e dos materiais e estruturas, entre outros. O **principal objectivo** na dimensão dos sistemas e equipamentos é a geração de propriedade intelectual e o desenvolvimento de produtos diferenciadores para o mercado internacional.

A **capacidade** existente na dimensão **Plataformas** é **emergente** e vem da experiência nos Sistemas e Equipamentos. O **principal objectivo** é a **integração do país no mercado internacional**, associada à capacidade de desenvolver, produzir, integrar, testar e qualificar satélites, veículos e estações espaciais, de forma competitiva.

As **oportunidades identificadas** são:

- **satélites de pequena dimensão** para operar em constelação no âmbito de missões de Observação da Terra e Comunicações;
- **micro-lançadores para lançamento de pequenos satélites**; e
- **Foguete-sonda para investigação**.

A conjuntura mundial, e em particular o **New Space**, abre um vasto **campo de oportunidades** para a existência de **infraestruturas de prestação de serviços espaciais**.

O **Centro Internacional de Investigação do Atlântico (AIR Centre)** configura-se como uma “âncora” para o **desenvolvimento e agregação de serviços** nas seguintes áreas:

- serviços de monitorização do Atlântico: (tráfego marítimo, pescas, poluição, estado do mar);
- monitorização de clima e tráfego espacial;
- navegação por Satélite; e
- porto espacial para lançamento de satélites.

O fornecimento e as **perspectivas de crescimento dos serviços downstream** – prestação de serviços com base em infraestruturas existentes e nos sistemas integrados – são gigantescas em três grandes **áreas de aplicação**:

- ✓ telecomunicações;
- ✓ navegação; e
- ✓ Observação da Terra.

O maior **impacto** esperado da **mudança de paradigma** associada ao *New Space* é no **desenvolvimento dos serviços**. Um dos grandes **desafios** será a **capacidade de processamento, distribuição e armazenamento dos dados** que se venham a produzir com o aumento de satélites e sensores em órbita.

O **grande desafio** para **Portugal** será posicionar-se como fornecedor de tecnologias ou de serviços, que se enquadrem nestas tendências.

Portugal tem uma excelente **oportunidade** de se posicionar como fornecedor de **serviços de monitorização contínua do Atlântico a nível mundial** tendo em conta o posicionamento estratégico dos Açores e da Madeira:

- ✓ monitorização contínua de tráfego marítimo;
- ✓ poluição e controlo de pescas;
- ✓ serviços de monitorização dos objectos em órbita da Terra.

A **identificação de novos grupos de utilizadores ou actividades** é **outro** dos grandes **desafios**. A integração dos dados de satélite em plataformas multifunções ou a sua utilização para alimentar outros serviços são

oportunidades que se perspectivam, com sucesso já provado, em áreas como o entretenimento, a medicina ou a gestão de valores.

Ao nível de **tecnologias de Observação da Terra**, os **desafios** prendem-se nomeadamente com o *Big Data* e as ferramentas de processamento baseadas na *Cloud*, assim como com os modelos avançados de *Machine Learning* para análise de dados.

Ao nível da **navegação por satélite**, o **grande desafio** é a normalização e a miniaturização dos receptores. O início do **Public Regulated Service (PRS)** traz tantas oportunidades como desafios às instituições nacionais. Todavia, a definição de requisitos detalhados dos serviços que possam vir a beneficiar implica um grande empenho das instituições públicas e um envolvimento forte entre estas e a comunidade espacial nacional. Ao nível dos **transportes**, as **áreas emergentes** são a condução assistida e autónoma, a localização contínua de objectos e pessoas e o *indoor positioning*.

Ao nível das **telecomunicações**, o **desafio** genérico é a cobertura e acessibilidade essencialmente em plataformas móveis como barcos e aviões; mas, também, o desenvolvimento de mais tecnologias de processamento de sinal. A “**Mobilidade Conectada**” para os transportes, na área das comunicações em geral, assim como o posicionamento das telecomunicações por satélite e a inclusão de comunicações por satélite nas redes 5G são grandes **tendências** que se **avizinham**.

Ao nível de serviços, as **áreas emergentes para as telecomunicações por satélite** são: transportes; entretenimento; transmissão multimédia; *e-health*; educação; segurança e gestão de desastres.

Num **horizonte temporal mais longínquo**, perspectivam-se **outras oportunidades** genéricas, associadas a novos tipos de serviços, ainda em fase de conceito: exploração e colonização do Espaço; serviços de lançamento e acesso ao Espaço; serviços de Turismo Espacial; exploração de recursos planetários; serviços *in-orbit*.

Todavia, a **sustentabilidade** do **desenvolvimento futuro** do sector está **dependente** de:

- enquadramento institucional que assegure a continuidade dos programas nacionais, apoie a captação de investimento e promova a diplomacia económica e científica;
- uma estratégia nacional e respectivo plano de implementação, evolutivos, competitivos e em sinergia com a ESA, ESO, Comissão Europeia e grandes parceiros industriais;
- estabilidade, previsibilidade e transparência do sistema público de apoio financeiro e estrutural à investigação e às fases preliminares de desenvolvimento tecnológico bem como do acesso a financiamento privado nas fases mais operacionais;
- políticas e medidas de política para atracção de investimento privado e fixação de empresas e outras entidades;
- formação de recursos humanos avançados, mecanismos de desenvolvimento de experiência e de retenção de cientistas e engenheiros experientes e/ou com capacidade de liderança; e
- articulação reforçada entre as empresas, a academia, os stake-holders, os utilizadores finais, para maior eficiência na utilização de recursos e resultados mais amplos.

Executive Summary

(a introduzir)

PARTE I

Capítulo 1 - Visão e Desafios para 2030

1.1 Visão para o Espaço em Portugal até 2030

O sector do Espaço e a utilização de tecnologias, sistemas e dados espaciais em Portugal evoluíram substancialmente desde que Portugal se tornou membro da Agência Espacial Europeia (ESA) no final de 2000 e do Observatório Europeu do Sul (ESO) em 2001. A participação na ESA vem sendo promovida sobretudo pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) com a participação da Agência para a Competitividade e Inovação (IAPMEI) e da Autoridade Nacional das Comunicações (ANACOM). A participação em programas da ESA possibilitou a criação e o crescimento de um conjunto de empresas e instituições científicas e tecnológicas. Estas entidades desenvolvem e disponibilizam soluções inovadoras para os complexos desafios científicos e tecnológicos que caracterizam os sistemas espaciais, bem como serviços e aplicações neles baseados, tendo facilitado a educação e formação avançada de uma nova geração de jovens portugueses engenheiros, cientistas e empreendedores. A participação no ESO desenvolveu uma comunidade científica jovem, internacionalizada, de elevada produtividade e impacto e envolvimento na difusão da cultura científica, complementada pela criação de capacidade na academia em instrumentação e de novas oportunidades para várias empresas do sector espacial. As capacidades adquiridas foram também desenvolvidas graças a uma participação ativa nos Programas-Quadro de Investigação da União Europeia, e nos programas Copernicus e Galileu, o que contribuiu para reforçar a cooperação com as comunidades espaciais em toda a Europa.

Atualmente o sector espacial atravessa mudanças profundas, observando-se simultaneamente uma integração crescente de tecnologias e serviços espaciais na vida quotidiana dos cidadãos e no desenvolvimento de negócios, assim como na difusão de sistemas educacionais. O investimento privado no sector espacial atingiu recordes nos últimos anos, alimentando um número crescente de pequenas empresas de base científica que se constituem num novo ecossistema empresarial (i.e., “New Space”).

Tendo em conta todas as incertezas que caracterizam um sector que hoje evolui tecnologicamente a um ritmo de tal forma acelerado, muitas regiões e países têm vindo a definir novas estratégias, de modo a influenciar futuros desenvolvimentos e a tirar partido dos benefícios decorrentes do investimento no sector espacial. Isto é tão mais verdade quanto este sector tem o potencial de afetar um vasto leque de atividades humanas a nível global.

A visão para o Espaço no contexto nacional é assente, de forma global, numa estratégia nacional “Portugal Espaço 2030” que **foca na resposta aos desafios societais, em particular centrada na exploração de dados**, e tem por ambição estimular o investimento público e privado, reforçando a colaboração científica, industrial e internacional. Em suma, a estratégia procura apontar o caminho para a maximização dos benefícios que o investimento em atividades espaciais proporciona para o desenvolvimento de novas fronteiras do conhecimento, as empresas e os cidadãos, contribuindo para o desenvolvimento socioeconómico e cultural. Esta estratégia nacional encara assim o espaço como um **bem público** que deve associar-se às nossas instituições e ambições coletivas, estimulando a **democratização contínua do acesso ao espaço a o alargamento da utilização de tecnologias espaciais**.

Ainda, a prevista extensão da plataforma continental Portuguesa, proporciona que o sector Espacial nacional, ao nível científico e industrial, possa assumir posições de liderança científica e tecnológica na Europa e Mundo, para os grandes desafios da humanidade relacionados com as alterações climáticas, melhor aproveitamento e utilização das energias renováveis com apoio de tecnologia espacial, assumir o planeta Terra e o oceano Atlântico como plataformas de desenvolvimento de ciência e inovação com impacto sustentável na sociedade. A dimensão significativa da plataforma continental Portuguesa após a sua extensão torna o sector do Espaço uma ferramenta central de soberania nacional sobre este território.

1.2 A importância do Espaço para Portugal

A importância do sector do Espaço – caracterizado por um conjunto de entidades de elevada intensidade científica e tecnológica e competitividade internacional – deriva do seu potencial como propulsor e catalisador da economia portuguesa na dinamização de um conjunto diversificado de sectores com potencial de crescimento, criação de emprego altamente qualificado, desenvolvimento científico, inovação e capacidade para atrair recursos e investimento estrangeiro.

Na génese do seu desenvolvimento e expansão está a adesão à Agência Espacial Europeia (ESA) em 2000 e ao *European Southern Observatory* (ESO) em 2001, que reforçou o envolvimento científico e tecnológico nacional na *European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites* (EUMETSAT), como também alavancou a participação nos diferentes Programas-Quadro Europeus de Investigação & Inovação, contribuindo significativamente para a consolidação, desenvolvimento e internacionalização das capacidades científicas e tecnológicas nacionais de diferentes sectores da actividade económica, centros de investigação e Universidades.

A intensa colaboração estabelecida entre as empresas e a comunidade científica tem permitido o desenvolvimento e utilização de aplicações espaciais com impacto, nomeadamente nas áreas da instrumentação científica e dos sensores para missões no solo e no espaço, das telecomunicações, dos sistemas de navegação por satélite e respetivas evoluções, do *software* avançado para navegação e controlo de satélites, desenvolvimento de controlo e robótica para veículos espaciais, de novos materiais e compósitos para estruturas de satélites e lançadores, na gestão e operação de infraestruturas tecnológicas para a simulação da reentrada de satélites na atmosfera da Terra e no acompanhamento da trajetória de grandes lançadores, entre outras.

O sucesso da articulação entre empresas e a comunidade científica tem também vindo a registar-se na transferência de competências e aplicações espaciais para outros sectores, e.g. fazendo uso de tecnologias espaciais tais como as comunicações por satélite ou tecnologias de recetores de GNSS e de deteção remota para abordar desafios societários nos sectores da aeronáutica, automóvel, naval, ferroviário, energia, agricultura, segurança, pescas, navegação marítima, monitorização de infraestruturas, saúde pública, comunicações e realidade aumentada, permitindo o *upgrading* do perfil de especialização do tecido produtivo nacional.

O número total de entidades envolvidas – empresas e academia – em programas da ESA (científico-obrigatório e tecnológicos-opcionais), no período de 2000 a 2015, ascendeu já a mais de 100 entidades, representando um retorno directo para o país de cerca de 155 milhões de euros (valores acumulados) e

um retorno industrial¹ global de cerca 130%, em 2015, reflexo do desempenho tecnológico das entidades nacionais participantes. A capacidade competitiva atingida pelas entidades do sector traduz-se também na participação nacional no 7º e 8º Programas-Quadro (FP7 e H2020), na área do espaço, correspondente à captação de um financiamento superior a 22M€, no período de 2007 a 2016, sendo cerca de 50% dirigido para o tecido empresarial.

O emprego do sector, mais de 1400 efectivos, dos quais 300 dedicados exclusivamente ao espaço, caracteriza-se por uma mão-de-obra altamente qualificada devido à complexidade de conhecimentos científicos e tecnológicos exigidos para a participação nos programas espaciais.

O desempenho das empresas no mercado espacial, reflexo entre outros factores do esforço em Investigação & Desenvolvimento (I&D) realizado, traduz-se no volume de negócios registado no período de 2005 a 2015 de cerca 889,4 M€, refletindo a capacidade de oferta concorrencial de soluções tecnológicas para outros mercados. O impacto da transferência de tecnologia espacial para mercados não espaciais tem também sido o resultado de um Programa de Transferência Tecnologia Espacial em Portugal (PTTI), lançado em 2012 pela ESA em colaboração com a FCT e Instituto Pedro Nunes (IPN) com o objectivo de promover a transferência de tecnologia espacial já disponível para sectores não espaciais, tendo apoiado, entre 2012-2014, 14 projectos em 11 sectores de actividade não espacial: indústria petrolífera e gás, veículos aéreos não tripulados (UAVs), equipamentos médicos, energias renováveis, oceanos, agricultura de precisão, remediação ambiental, aviação e navegação.

Na sequência do PTTI, foi criado em 2014, o centro de incubação da Agência Espacial Europeia em Portugal (ESA BIC Portugal), para apoio das *startups* que usam tecnologia espacial em utilizações industriais e comerciais não espaciais, nomeadamente nas áreas da saúde, energia, transporte, segurança e vida urbana.

A profunda alteração que o sector espacial actualmente atravessa no sentido de uma maior integração das tecnologias e serviços espaciais no quotidiano dos cidadãos, em geral, e das empresas, em particular, conjugada com as capacidades científicas, tecnológicas e empresariais do sector do espaço português são uma oportunidade única para a economia portuguesa no desempenho de novas funções no seio da globalização cuja sustentabilidade é justificativa da agenda científica, tecnológica e empresarial a implementar.

1.3 Os grandes desafios para o desenvolvimento do sector do Espaço em Portugal

Os maiores desenvolvimentos tecnológicos de Portugal na área do Espaço ao longo dos últimos anos têm sido na dimensão de subsistemas, no domínio dos instrumentos, dos sistemas de comunicações e de controlo, e dos materiais e estruturas, entre outros. O principal objetivo para Portugal na dimensão dos sistemas e equipamentos é a geração de propriedade intelectual e o desenvolvimento de produtos

¹ Coeficiente de Retorno industrial = valor total dos contratos adjudicados a entidades nacionais em todos os programas da ESA/valor total ideal de contratos a adjudicar (%). O indicador traduz a capacidade das empresas e instituições científicas e tecnológicas nacionais ganharem de forma competitiva projetos de investigação e desenvolvimento de tecnologia espacial e fornecimento de serviços e produtos. É um indicador de "recuperação" do investimento efetuado sendo apenas calculado sobre a componente tecnológica do total de contratos.

diferenciadores para o mercado internacional a partir das competências e tecnologias que existem em Portugal.

Os desafios associados a este objetivo estão relacionados com a evolução de um paradigma de protótipo para um paradigma de produto:

- Qualificar e demonstrar em órbita – de forma expedita e com custos reduzidos – os sistemas desenvolvidos em Portugal.
- Desenvolver sistemas orientados para a integração em múltiplas plataformas.
- Estabilizar e implementar processos e métodos de fabrico e teste simplificados, mas capazes de garantir qualidade, em particular a fiabilidade e replicabilidade.
- Miniaturizar, e aumentar o desempenho e a eficiência dos sistemas.
- Normalizar e modularizar os sistemas, para os casos em que a escala é um fator relevante.
- Introduzir tecnologias, processos e práticas de outros setores mais desenvolvidos do ponto de vista de processos industriais.
- Introduzir novas tecnologias de fabrico (e.g. métodos da indústria 4.0) para aumentar a eficiência dos respetivos processos e o desempenho dos sistemas.
- Substituir materiais raros, de custo elevado, de venda controlada, tóxicos (no contexto do regulamento REACH²) ou com impacto ambiental negativo.
- Aumentar a eco-consciência ao longo de todo o ciclo de criação e fabrico de um novo produto, equipamento ou sistema.

Exemplos de desafios tecnológicos específicos associados aos sistemas e equipamentos

- Aumento do desempenho através da utilização de novos materiais e de processos de fabrico aditivos.
- Desenvolver processos avançados de fabrico de estruturas metálicas e em compósitos que permitam fabricar estruturas mais leves, mais fiáveis, com design mais flexível, mais *cost-* e *eco-effective*, maior sustentabilidade de recursos, automáticos, etc.
- Assegurar a substituição de produtos químicos tóxicos e desenvolver e implementar novas formulações que cumpram o regulamento REACH.
- Desenvolver novos materiais que permitam aumentar e/ou multiplicar o desempenho (mecânico, elétrico, térmico, radiação) das estruturas mantendo ou reduzindo o seu peso (ex. grafeno, *black satellite?*, etc.).
- Assegurar a disponibilidade de algumas matérias-primas e componentes na Europa que atualmente são alvo de licenças de exportação, monopólio industrial e correm

2 REACH – O regulamento (CE) n.º 1907/2006, relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição de substâncias químicas (REACH - *Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*), entrou em vigor em 1 de junho de 2007.

risco de serem descontinuadas.

- Estudar e reduzir a obsolescência de várias matérias-primas, que contribuem muito para o elevado custo das estruturas espaciais.
- Aumentar a padronização de alguns componentes ou subsistemas para a consequente redução dos preços de fabrico de um sistema.
- Aumentar a maturidade tecnológica dos novos materiais e processos.

Acresce o desafio de consolidar Portugal como um país com forte produção científica indexada na área das ciências do espaço e do universo, das tecnologias associadas e da observação da Terra.

Capítulo 2 - Investigação e Inovação na área do Espaço em Portugal e no Mundo

2.1 Estado da Arte: os desenvolvimentos dos últimos 10 anos

Ciências de Universo

As Ciências do Universo são aqui abordadas com a abrangência do painel “*Universe Sciences*” do *European Research Council*, não considerando os sub-temas ligados a dados e instrumentação, que serão abordados sob o tema “Tecnologias para o Espaço” desta agenda. As Ciências do Universo têm uma grande tradição e atividades muito significativas ao nível da educação, divulgação e cultura científica, que não serão abordadas pois esta agenda é científica. As Ciências do Universo apresentam uma vitalidade excecional no contexto nacional (que será abordado na Secção 2.4) e internacional. **O dinamismo da área assenta em grandes infraestruturas internacionais no solo e no espaço que abrem novas janelas de descoberta.** Essas grandes infraestruturas têm uma dimensão considerável sendo apenas possível a sua implementação via organizações intergovernamentais como a ESA e o ESO (de que Portugal é estado-membro), ou nacionais no caso excecional dos EUA (NASA, NOAA e NRAO), ou conjuntas ESA-NASA (como no caso de vários telescópios espaciais) ou ESO-NRAO-NAOJ para a rede de antenas milimétricas ALMA. Neste contexto são naturais os quatro prémios Nobel atribuídos à área nas últimas décadas³.

Por outro lado, **a vitalidade da área é também estrutural.** Em primeiro lugar tem um objeto de estudo vastíssimo: todo o Universo “acima” da ionosfera terrestre -- um espaço de descoberta quase-infinito e em expansão acelerada. Em segundo, usa toda a informação disponível: deteção no solo e espaço de ondas eletromagnéticas, ondas gravitacionais, partículas de altas energias e exploração robótica (e humana) do sistema solar, com retorno de amostras. Em terceiro lugar, as Ciências do Universo são transversais, inicialmente com uma abordagem do âmbito da física, que rapidamente se expandiu para a química, a geologia, o clima e a biologia (entre outras), alavancada pelas várias engenharias, dos dados à mecânica, que estão na base dos satélites e instrumentos avançados de que faz uso. Finalmente, as Ciências do Universo procuram resposta a questões que fazem parte da própria condição humana: quais as origens do universo, do nosso planeta e da vida na Terra? Haverá planetas semelhantes ao nosso e terá a vida (inteligente) surgido nesses locais? Qual é o lugar do ser humano no universo? Como evoluirá o Universo e quais são as leis que o regem?

Existe uma tradição nos EUA, Europa e outros países para uma revisão periódica do estado da arte e planeamento a médio prazo das Ciências do Universo. Nos EUA, o último exercício “*Decadal survey in astronomy & astrophysics*” teve lugar em 2010, foi recentemente publicada uma avaliação da sua implementação a médio-termo. Em 2013, foi publicado o documento análogo para “*Solar and space*

³ Em 2006, a John C. Mather e George F. Smoot “*for their discovery of the blackbody form and anisotropy of the cosmic microwave background radiation*”;

Em 2011, a Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt e Adam G. Riess “*for the discovery of the accelerating expansion of the Universe through observations of distant supernovae*”;

Em 2015, a Takaaki Kajita e Arthur B. McDonald “*for the discovery of neutrino oscillations, which shows that neutrinos have mass*”;

Em 2017, a Rainer Weiss, Barry C. Barish e Kip S. Thorne “*for decisive contributions to the LIGO detector and the observation of gravitational waves*”.

physics". Este exercício é realizado pelo *National Research Council - NRC* dos EUA, decorre neste momento a preparação do "*Decadal survey of 2020*". Na Europa uma reflexão semelhante teve lugar em 2007, a "*Astronet: Science Vision for European Astronomy*", tendo sido revista em 2013. Estas reflexões são transversais às infraestruturas no solo e no espaço. No âmbito de infraestruturas no espaço, a ESA realizou em 2005 o estudo "*Cosmic Vision*" que definiu as grandes questões científicas em aberto das Ciências do Universo cuja resposta necessitaria satélites e telescópios espaciais para a década 2015-2025. Paralelamente a NASA em 2013 publicou o seu "*Astrophysics roadmap*". Os mesmos exercícios têm lugar para infraestruturas no solo tendo em 2015 sido publicado nos EUA "*Optimizing the U.S. Ground-Based Optical and Infrared Astronomy System*", e na Europa "*Astronet: Infrastructure roadmap*" de 2008 apresenta uma priorização de infraestruturas de investigação no solo e espaço, cobrindo todo o espectro eletromagnético, ondas gravitacionais, astro-partículas, missões no sistema solar, assim como infraestruturas necessárias à computação, bases e análise de dados. No caso europeu é relevante referir as prioridades realizadas pelo ESFRI desde 2006. Na mais recente publicação de 2016 para infraestruturas no solo, encontramos projetos em construção, incluídos no "*ESFRI Roadmap*" focando nas ondas eletromagnéticas (ELT, EST, SKA), astro-partículas (CTA, KM3NET 2.0) ou computação (PRACE, que sendo transversal também tem aplicações nas Ciências do Universo). Finalmente, a nível global, a International Space Exploration Coordination Group (ISECG), que é um fórum de 14 agências espaciais internacionais publicou em 2007 "*The Global Exploration Strategy: The Framework for Coordination*" (revisto em 2018) que coloca as Ciências do Universo como um dos seus objectivos principais.

Na secção 4.1.2 serão abordados mais concreta e brevemente, os resultados científicos mais relevantes das Ciências do Universo, na última década, um enfoque na realidade nacional é feito na secção 2.4.

Tecnologias para o Espaço

A nível internacional, os desenvolvimentos tecnológicos para o Espaço têm-se centrado fundamentalmente em torno dos sistemas de exploração planetária e dos sistemas orbitais. Apesar da procura global por sistemas espaciais ser cada vez mais internacional, as capacidades industriais na área do Espaço têm permanecido altamente concentradas em alguns países, especialmente com fins comerciais, sendo o mercado dominado pelos satélites de telecomunicações geoestacionários, com os Estados Unidos e a Europa a liderar o setor.

As missões planetárias robotizadas têm crescido nos últimos anos, nomeadamente através de sucessivas missões da NASA para a exploração de Marte, destacando-se a Mars Science Laboratory e a InSight. A ESA, em cooperação com a agência russa ROSKOSMOS, está focada na missão ExoMars, tendo lançado com sucesso em 2016 a ExoMars Trace Gas Orbiter. A China virou atenções para a Lua, onde a missão Chang'e 3 colocou o rover Yutu sobre a superfície lunar (embora por poucos dias) e a Chang'e 4 pousou com sucesso no lado oculto da Lua no início de 2019. A ESA e a agência alemã DLR têm planeado diversas missões lunares, mas sem desenvolvimentos concretos até ao momento. Ainda a destacar missões a outros corpos do sistema solar, nomeadamente a missão Rosetta da ESA, no âmbito da qual o lander Philae foi colocado na superfície do cometa Churyumov-Gerasimenko em Maio de 2014, a missão japonesa Hayabusa que explorou o asteroide Itokawa em 2005, a missão Japonesa Hayabusa-2 que chegou ao asteroide Ryugu em 2018, e que irá regressar à Terra com amostras em 2020, e a missão OSIRIS-REx da NASA que irá recolher amostras do asteroide Bennu.

Os desenvolvimentos mais importantes relativos a sistemas orbitais na área do **voo em formação** são: a missão sueca PRISMA, com contribuições dinamarquesas, alemãs, espanholas e francesas, que demonstrou tecnologia para voo em formação e rendez-vous autónomo; e a missão Proba-3 da ESA, que está em desenvolvimento, embora o seu lançamento tenha vindo a ser sucessivamente adiado, estando agora previsto para 2020.

Várias agências espaciais de países europeus (nomeadamente Alemanha, Espanha, França, Holanda, Reino Unido, Suíça) têm vindo a desenvolver atividades tendo em **vista missões de remoção ativa de detritos espaciais**, nomeadamente resultantes de satélites inoperativos, sendo este outro campo em franca ascensão.

No que toca às tecnologias em geral, as atenções estão presentemente centradas em:

- automação e na robótica, nomeadamente sistemas de manipulação e mobilidade, automação de payloads, perceção, localização, controlo, autonomia e inteligência, sistemas de atuação, segmento terra, interfaces entre robôs e utilizadores;
- software para sistemas espaciais, nomeadamente no segmento espaço, nas arquiteturas e na criação de um sistema operativo para robótica espacial;
- sistemas de energia elétrica.

Em Portugal as atividades de I&D em Tecnologias para o Espaço têm vindo a ser enquadradas nos programas TRP da ESA, Exploração, ARTES, EOP e GSTP, sendo dirigidas a aplicações, ao segmento do utilizador, ao *software* para sistemas espaciais e controlo, à dinâmica de voo, ao controlo de missões e de operações, assim como aos *payloads* de RF para radionavegação, ao sector da qualidade, da dependabilidade e da segurança e aos sistemas de controlo no solo e *on-board*.

Tradicionalmente muitas das competências-chave nacionais na área das tecnologias para o espaço cresceram em torno do desenvolvimento de *software* e suas aplicações, representando este setor uma parte muito relevante do portfólio tecnológico Português nesta área.

No entanto, também os esforços no sentido de desenvolver *hardware* para o espaço têm vindo a dar os seus frutos. Algumas destas tecnologias atingiram valores elevados de *Technical Readiness Level* (TRL). Exemplos destes desenvolvimentos são: o magnetómetro desenvolvido pela Lusospace a bordo da missão Proba-2; a plataforma de Estudo do Ambiente de Radiação e dos seus Efeitos - AEEF - desenvolvida pela EFACEC, que se encontra em órbita Geoestacionária no satélite AlphaSat, e que é constituída por um monitor de radiação, o MFS e uma Plataforma de testes de efeitos da radiação em componentes electrónicos. O AEEF é protegido por um revestimento “MLI” *multilayer insulation* desenvolvido pela HPS Portugal que envolve também o módulo de reentrada e descida da ExoMars, a missão de exploração robótica da ESA de Marte lançada em 2016.

Outras tecnologias promissoras estão a ser desenvolvidas pela indústria/empresas nacionais com o objetivo de atingirem TRL 9.

Observação da Terra

A detecção remota a partir do Espaço tem-se afirmado como um dos meios mais eficazes para o estudo e acompanhamento de fenómenos em todos os domínios das Ciências da Terra. Neste âmbito, a comunidade nacional e internacional tem beneficiado sobretudo de missões promovidas pelas grandes agências, com destaque para as europeias e norte-americanas – ESA, EUMETSAT, NASA, NOAA. A natureza dos sensores (sejam ativos ou passivos) e das respectivas observações (gama e resolução espectral observada, *footprint*, resolução espacial e frequência temporal) é muito variada. Estes dados, além de terem contribuído para avanços significativos em Ciências da Terra, têm estado igualmente na base de serviços com impacto real na sociedade em geral.

Os satélites de Observação da Terra (OT) constituem uma das principais fontes de dados utilizados em previsão do tempo. A sua utilização neste domínio é um dos pilares do grande salto qualitativo das previsões meteorológicas dos últimos anos. Por outro lado, a cobertura espaço-temporal facultada por observações de satélite permite estimar variáveis relacionadas com as superfícies terrestres e oceânicas, úteis para uma efetiva monitorização ambiental em sentido lato. A este respeito, a EUMETSAT lançou há cerca de 15 anos os primeiros programas destinados a diversificar as aplicações de satélites meteorológicos, criando posteriormente uma rede de *Satellite Applications Facilities* (SAF). O IPMA lidera uma SAF dedicada ao desenvolvimento de produtos de satélite relacionados com superfícies continentais (LSA-SAF), que assegura um serviço operacional há mais de 10 anos.

O programa Copernicus⁴, coordenado pela Comissão Europeia, visa a produção e disponibilização de dados de satélite (e não só) em tempo quase-real e em modo aberto, como apoio ao estudo, à gestão sustentável do meio ambiente e à melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. O Copernicus apoia-se em larga medida em missões de OT, promovendo um conjunto de satélites dedicados especificamente a este propósito - a família *Sentinel*⁵. Os *Sentinel* foram desenhados para ir ao encontro dos requisitos dos serviços Copernicus e respectivos utilizadores.

O potencial dos dados de observação da Terra para estudos e monitorização do Clima é um tema ainda em expansão e tem estado na base de vários programas internacionais. A ESA estabeleceu o programa *Climate Change Initiative* (CCI) com o objetivo de maximizar a utilização de dados de satélite, com ênfase nos instrumentos Europeus, para a construção de séries de indicadores climáticos. Pretende-se que estes indicadores, ou *Variáveis Climáticas Essenciais* (ECVs), sejam utilizados para um diagnóstico efetivo do Sistema Climático como um todo. Os dados de observação da Terra têm também especial relevância para o estudo e monitorização do Mar, sendo estes aspectos desenvolvidos na respectiva Agenda.

2.2 Estratégias de Investigação e Inovação para o Espaço, a nível internacional

Em todos os países, o papel dos governos no sector Espaço continua a ser essencial como fonte de financiamento inicial para I&D público, bem como um grande cliente âncora para muitos produtos e serviços espaciais. O financiamento mundial para programas espaciais civis aumentou anualmente 1%

⁴ Copernicus - <http://www.copernicus.eu/>

⁵ Sentinel - <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home>

em média nos últimos 10 anos, destacando a natureza estável dos compromissos institucionais para o desenvolvimento de capacidades científicas e tecnológicas.

Contudo, **o contexto global do espaço internacional está a mudar rapidamente: a competição está a aumentar e os novos atores trazem desafios e novas ambições para o espaço, nomeadamente o acesso ao espaço a baixo custo e a sua exploração.** A combinação de dados espaciais com tecnologias digitais e outras fontes de dados abre muitas oportunidades de negócios para todos os países.

Com o objetivo de promover a liderança da Europa no setor espacial, em 2016 a Comissão Europeia propôs uma nova **estratégia espacial para a Europa**, focada em quatro prioridades estratégicas:

- i. Maximizar os benefícios do espaço para a sociedade e a economia da União Europeia.
- ii. Promover um sector espacial europeu globalmente competitivo e inovador.
- iii. Reforçar a autonomia da Europa no acesso e uso do espaço num ambiente seguro.
- iv. Fortalecer o papel da Europa como ator global e promover a cooperação internacional.

A implementação da estratégia europeia depende de parcerias fortes com *stakeholders* chave, como a ESA, a EUMETSAT (dado o seu papel essencial no programa Copernicus), GSA (exploração do programa Galileo e EGNOS) e outras agências europeias, como por exemplo, a EEA, EFCA, EMSA, a *European Border and Coast Guard Agency*, que representam políticas setoriais que têm necessidades de soluções espaciais.

No contexto internacional, destacam-se de seguida dez países com estratégias espaciais, incluindo membros do fórum espacial da OCDE e economias emergentes [OECD (2014), *The Space Economy at a Glance* 2014, OECD Publishing].

Os Estados Unidos da América (EUA) têm o maior programa espacial no mundo, envolvendo várias organizações civis e de defesa. As principais prioridades do programa espacial dos EUA são definidas na Política Espacial Nacional de 2010, que abrange atividades comerciais, atividades espaciais civis e de segurança nacional. A NASA irá continuar a desenvolver um portfólio equilibrado para a exploração espacial e ciência espacial, incluindo o desenvolvimento contínuo do *Space Launch System*, Orion, Programa de Tripulação Comercial, ao nível das Ciências do Universo o Telescópio Espacial James Webb, o *Wide-field Infrared Survey telescope* e a missão Europa, bem como operações da *International Space Station – ISS* e do Programa de Serviços de Reabastecimento Comercial. Salienta-se ainda, no âmbito das actividades espaciais civis, as orientações de política para a prossecução e desenvolvimento das actividades de investigação e análise de dados, no quadro dos programas de observação a partir do espaço, das interações solo, oceanos e atmosfera⁶.

O espaço privado está firmemente estabelecido ao lado do espaço tradicional financiado pelo governo, seja no domínio da conectividade com a internet, observação da terra, exploração da microgravidade e desenvolvimento de pequenos lançadores.

⁶ Encontra – se em fase de delineação um segundo “National Plan for Civil Earth Observations”.

A Índia, conhecida pelo seu programa espacial de baixo custo, tem um ambicioso e abrangente programa espacial, com o objetivo de desenvolver capacidades independentes e altas tecnologias, que incluem aplicações às Ciências do Universo e Observação da Terra. Os principais objetivos até 2025 incluem: i. A consolidação e expansão de serviços operacionais em comunicações e navegação, ii. Desenvolvimento de capacidades melhoradas de imagem para gestão de recursos naturais, clima e estudos sobre mudanças climáticas, iii. Missões de ciência espacial para uma melhor compreensão do sistema solar e do universo, iv. Missões exploratórias planetárias, v. Desenvolvimento de lançadores de carga pesada e veículos de lançamento reutilizáveis, e vi. Um programa de voo espacial humano.

O lançamento de satélites de telecomunicações, um *Heavy Lift Rocket* e um satélite de navegação regional indiano continuam a ser uma prioridade para o país. Com os primeiros três lançamentos bem-sucedidos do lançador PSLV em 2016, a ISRO completou o seu Sistema de Satélites de Navegação Regional (IRNSS), conhecido por NAVIC (Navigation with Indian Constellation). Em Fevereiro de 2017, a ISRO lançou 104 satélites numa única missão, demonstrando a ambição clara de se tornar um jogador-chave no crescente mercado comercial.

A China tem apostado no desenvolvimento contínuo de várias constelações de satélites, em particular na navegação com o sistema Beidou, telecomunicações e observação da terra, e na montagem da estação espacial chinesa, um projeto de construção e operação dispendiosas. Um dos objetivos estratégicos é a promoção da cooperação internacional, quer a nível de cooperação nas missões lunares chinesas e a Marte, quer a nível da estação espacial chinesa.

Em 2016 o programa espacial chinês promoveu dois novos lançadores e o programa de voo espacial humano, que lançou o laboratório orbital Tiangong-2 e o veículo da tripulação Shenzhou-11. A Academia Chinesa de Ciências lançou o satélite de comunicação quântica *QUESS* no início de Agosto, com o objetivo de realizar experiências de distribuição de chaves quânticas de alta velocidade entre as estações de satélite e terrestre, a fim de construir um sistema de comunicação criptografado *unhackable*. A China tem como ambição estabelecer-se como líder do setor das Tecnologias de Informação.

Em França, o maior programa espacial foi o Acesso ao Espaço - 2013, um programa de Lançadores, seguido pelo programa de Ciência (que engloba as Ciências do Universo, a Observação da Terra e a Microgravidade) e pelos programas de Defesa e Observação da Terra. Estes programas refletem as principais prioridades do governo francês em relação à política europeia, sendo o acesso independente ao espaço o elemento chave, com forte ênfase na ciência e nas aplicações de satélites civis e comerciais cada vez ganhando mais importância.

O Reino Unido é um dos países líderes na investigação de *orbital debris*. Os satélites foram reconhecidos como um dos grandes setores tecnológicos emergentes, reforçando as suas competências científicas e capacidades comerciais, e em que o Reino Unido se pretende afirmar como um líder global. A tecnologia de satélite e a exploração espacial foram identificados como críticos para potenciar a capacidade de combinar vastos conjuntos de dados de forma inovadora para criar novos vínculos, padrões e novos conhecimentos - necessários para enfrentar os principais desafios da sociedade, incluindo: segurança alimentar, mudanças climáticas, poluição e perda de biodiversidade.

A política espacial da Alemanha centra-se no uso sustentável do espaço para o benefício e as necessidades da população (Ministério Federal da Economia e Tecnologia, 2010). A última estratégia espacial do governo foi publicada em 2010 e identificou dez prioridades: i. Expandir competências espaciais estratégicas, ii. Reforçar de forma sustentável a posição da Alemanha na investigação espacial, iii. Aproveitar novos mercados e estabelecer um quadro jurídico unificado, iv. Usar o espaço para fins de segurança de todo o governo, v. Contribuir de forma estrutural para o setor espacial europeu, vi. Definir o papel nacional e europeu na exploração, vii. Assegurar a independência tecnológica, viii. Voo espacial humano, ix. Manter a Lua como alvo de exploração e x. Garantir a sustentabilidade das atividades espaciais.

O programa espacial de Espanha pretende posicionar o sector ao nível internacional através de linhas orientadoras distintamente definidas: i) Liderança tecnológica (*nas seguintes áreas tecnológicas prioritárias: 1. Telecomunicações e tratamento de dados; 2. Energia; 3. Orientação, navegação e controle; 4. Propulsão; 5. Estruturas, controle térmico e controle ambiental; 6. Robótica e mecanismos; 7. Payloads de comunicações e RF; 8. Outras cargas úteis; 9. Análise, design e operação de missões; 10. Sistemas terrestres, de utilizadores e de aplicações espaciais; 11. Materiais, componentes e métodos*); ii) Promover a utilização das infraestruturas de investigação e tecnológicas em programas internacionais para permitir a sustentabilidade e o crescimento do setor; iii) Lançar um programa nacional de observação da Terra (e.g. satélites Ingenio e Paz); iv) Promover uma política educacional adaptada às exigências estratégicas do setor, com sinergias entre os centros de investigação e a indústria, nomeadamente através da formação avançada definidos em conjunto com a indústria; v) Garantir um investimento público coerente com a importância da área das telecomunicações, identificada como a atividade espacial comercial mais relevante, e no futuro, a Espanha pretende continuar a aumentar as capacidades nacionais e posicionar as empresas espanholas como *primes* ou sistemas integradores de *payload*, por forma a promover a independência tecnológica e a participação em grandes consórcios.

O Luxemburgo surge com uma política espacial, cujos principais objetivos são contribuir para a diversificação e sustentabilidade das atividades económicas no país, consolidar e aperfeiçoar as competências existentes no domínio das telecomunicações e dos meios de comunicação, bem como dos sistemas terrestres, ampliar as competências no setor, e promover a cooperação internacional.

Recentemente, em 2016, o Luxemburgo definiu como objetivo desempenhar um papel de liderança na exploração pacífica e utilização sustentável dos recursos espaciais⁷, garantindo que os recursos explorados sob sua jurisdição sirvam um propósito pacífico, sejam utilizados de forma sustentável, compatível com o direito internacional e em benefício de toda a humanidade. A visão do Luxemburgo baseia-se no apoio a atividades de investigação avançada e capacidades tecnológicas, com base nos conhecimentos atuais do país no setor espacial e sua estratégia contínua de diversificação económica em setores de alta tecnologia orientados para o futuro, tornando-se assim uma das *top 10* nações espaciais no mundo.

O Brasil tem um plano nacional espacial que define os objetivos do país por um período de 10 anos. O orçamento do programa espacial é dedicado maioritariamente a lançadores (50%) – apoiando o

⁷ Esta iniciativa levou à definição de um quadro jurídico e regulamentar e de um ambiente empresarial único, propício ao surgimento de investidores privados e ao estabelecimento de empresas a operar nesta área.

desenvolvimento de capacidades de lançamento autónomo, comunicações via satélite (24%) – em particular, o Satélite de Defesa Geoestacionária e Comunicação Estratégica (SGDC) para uso militar e civil, observação da Terra (12%) – em particular, a continuação dos satélites de recursos terrestres da China e do Brasil (CBERS), bem como o desenvolvimento de novas missões, como os satélites da Amazónia, que serão os primeiros satélites inteiramente construídos no Brasil a monitorizar a deflorestação ou um sistema SAR, e ciência e tecnologia espacial (8%) – principalmente para o desenvolvimento da missão científica Lattes-1⁸ e atividades que promovam o desenvolvimento de tecnologia e *outreach*.

A Coreia do Sul tem prioridades para o sector espacial em áreas diversas, tal como, enfoque em tecnologia avançada de satélites: desenvolvimento de satélites *multi-purpose*, autonomia e desenvolvimento de capacidade nacional, reforço da segurança nacional e serviço público, industrializar a informação proveniente de satélites e aplicações de tecnologia, a exploração da lua e o desenvolvimento de um avião inovador amigo do ambiente e altamente eficiente com tecnologia aeroespacial única.

2.3 A Investigação e Inovação em Portugal na área do Espaço nos últimos 15 anos

A evolução e desenvolvimento da capacidade científica e tecnológica nacional na área do Espaço que se tem vindo a registar ao longo dos últimos 15 anos teve como factor determinante e impulsionador a adesão de Portugal à Agência Espacial Europeia (ESA), dando origem ao surgimento de um sector científico e tecnologicamente dinâmico e competitivo, em plena expansão. Em paralelo, a adesão ao ESO criou desde 2002 oportunidades para fornecimento de instrumentos científicos e serviços associados à construção de infraestruturas observacionais e de processamento, que permitiram o desenvolvimento e implementação de sistemas científicos operacionais, com custos inferiores aos dos instrumentos espaciais mas com requisitos de qualidade e de acompanhamento quase tão exigentes e rigorosos como os da ESA. Estas oportunidades têm paulatinamente reforçado a confiança do ESO nas equipas responsáveis pela instalação dos instrumentos de observação. No domínio do desenvolvimento e implementação de instrumentos nos planos focais dos telescópios do ESO o financiamento é assegurado pela FCT em troca de um significativo retorno científico. A participação nestes projectos potenciou a participação científica e industrial em projectos Europeus e do Cosmic Vision da ESA (e.g. PLATO).

O Programa Portugal-ESO da FCT (1994-2003) criou uma comunidade de jovens cientistas portugueses, fortemente internacionalizada e de alta qualidade, cujos resultados são visíveis: a) excepcional produção científica indexada e seu impacto; b) capacidade de atracção de financiamento europeu; c) participação com papéis de liderança em missões do ESO e da ESA.

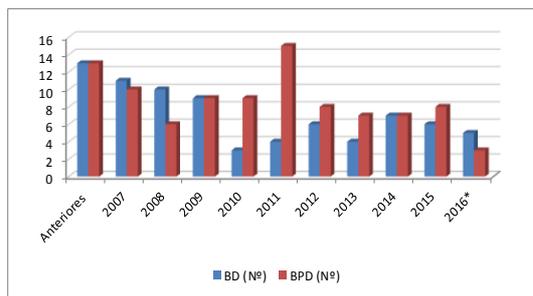
Paralelamente, os **programas de formação avançada**, financiados pela FCT, em Instituições do Ensino Superior, portuguesas e estrangeiras, assim como os programas de estágios tecnológicos – Programa de Formação Avançada de Engenheiros Portugueses – nas Organizações Científicas Internacionais, não só

⁸ Lattes-1: satélite científico de missão dupla que é baseado numa plataforma multi-missão. É um conceito moderno de arquitetura de satélite para fornecer um módulo de serviço compatível com um conjunto de instrumentos científicos, que estão relacionados a duas missões científicas: 1) missão de satélite de investigação atmosférica (EQUARS) e 2) missão de astronomia de raios-X (MIRAX).

na ESA mas também no Observatório Europeu no Hemisfério Sul (ESO) e na Organização Europeia de Física Nuclear (CERN), têm permitido dotar o país de um conjunto de recursos humanos altamente qualificados.

No período compreendido entre 2007 e 2016 foram financiadas um total de 173 bolsas, repartidas entre 78 bolsas de doutoramento e 95 de pós-doutoramento, correspondentes a um financiamento⁹ próximo dos 10 milhões de euros.

Figura 1 - Novas Bolsas: Doutoramento e Pós-Doutoramento**, financiadas pela FCT no período 2007-2016, no âmbito da Agenda Espaço e Observação da Terra (Nº)**



Nota:

** ISCED8

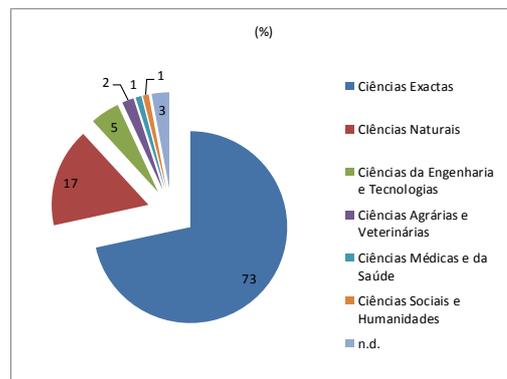
Ano: ano de candidatura;

Anteriores: bolsas atribuídas em período anterior, mas com financiamento executado no período em análise

2016: *Dados provisórios*

Fonte: FCT

Figura 2 - Distribuição das Bolsas de Doutoramento e Pós-Doutoramento, financiados pela FCT no período 2007-2016, no âmbito da Agenda do Espaço e Observação da Terra, por Área Científica Principal* (%)



Nota: *Áreas Científicas, adaptadas da Classificação FOR&D do Manual Frascati

Fonte: FCT

As ciências exatas, as ciências naturais e as ciências de engenharia e tecnologias são as áreas científicas com maior expressão, absorvendo 95% da formação académica dos bolseiros, distribuídas respetivamente por 73%, 17% e 5%.

A oferta de formação doutoral das Universidades Portuguesas captou 62,3% das preferências dos bolseiros para a obtenção do grau académico traduzindo deste modo o reconhecimento do mérito científico das Instituições nesta área. Entre estas saliente-se a Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (23,4%), o Instituto Superior Técnico (IST) (20,8%) e a Faculdade de Ciências (6,5%), ambos da Universidade de Lisboa, que no seu conjunto outorgaram mais de 50% dos graus académicos. As preferências internacionais dirigiram-se, principalmente¹⁰, para as Universidades do Reino Unido, representando cerca de 17% do total de instituições que conferiram o grau de doutor. Mas a internacionalização do mérito/qualidade científico/a das Instituições portuguesas (Universidades e

⁹ Financiamento executado, no período entre 2007 e 2016, no âmbito da Agenda.

¹⁰ Foram apenas contabilizadas as Instituições que conferiram o grau académico em número ≥2.

Centros de Investigação¹¹) está patente na origem geográfica dos bolsiros provenientes de vários Continentes, desde a Europa (30%¹²) à América do Sul (3%) e Ásia (4%), entre outros.

A capacitação da indústria nacional tem sido um dos grandes objectivos do **Programa de Formação Avançada de Engenheiros**¹³ que, no período entre 2000 e 2015, possibilitou a realização de 316 estágios tecnológicos dos quais 132 na ESA, 11 no ESO¹⁴ e 173 no CERN, em domínios tecnológicos da engenharia mecânica, electrónica, engenharia electrónica e informática, química, ciência dos materiais, física, engenharia química, geografia, engenharia ambiental, biologia, engenharia biotecnológica e das ciências da terra e do espaço, permitindo colmatar uma das exigências do sector no sentido de aumentar a sua competitividade internacional subindo na cadeia de valor.

A participação na ESA e a rápida adaptação e integração nos dois tipos de programas da organização – programas obrigatórios¹⁵ e programas opcionais¹⁶ – assim como a expansão do envolvimento científico e tecnológico noutras organizações internacionais como a EUMETSAT¹⁷ e o ESO, tem contribuído de forma substancial para a consolidação e desenvolvimento das capacidades nacionais no sector, envolvendo empresas, centros de investigação e Universidades Portuguesas.

A política industrial da ESA, “assente” no princípio do retorno geográfico¹⁶, visando garantir uma participação equitativa de cada Estado Membro proporcional aos investimentos realizados em programas da Agência tem constituído um dos principais instrumentos de financiamento das actividades científicas e tecnológicas do sector espacial nacional.

Portugal tem subscrito o Programa Científico, no quadro dos programas obrigatórios, e a quase totalidade dos domínios programáticos no âmbito opcional, à excepção dos programas relacionados com a exploração da *International Space Station* (ISS) e dos programas de desenvolvimento dos lançadores Ariane e Vega.

¹¹ Com classificação de Excepcional, excelente e muito bom, segundo critérios definidos por um painel de avaliadores internacionais de reconhecido mérito científico e tecnológico, e aos quais foi atribuído financiamento institucional estratégico de médio prazo.

¹² 90% dos bolsiros são europeus, dos quais 60% são portugueses.

¹³ “No caso da ESA é feita anualmente uma consulta às empresas nacionais com vista à aferição das suas necessidades e remetida para esta Organização uma lista de áreas tecnológicas preferenciais para identificação de oportunidades de formação.” (Adi, 2010)

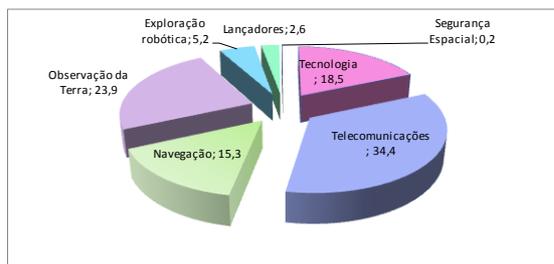
¹⁴ 2002: ano em que o Programa começou a integrar estágios nesta Organização.

¹⁵ A participação de cada Estado Membro é obrigatória e proporcional ao peso do seu PIB em relação ao PIB dos outros parceiros (in: *Estratégia Nacional para o Espaço 2003-2008*)

¹⁶ Cada Estado Membro participa de acordo com as suas escolhas estratégicas e disponibilidades financeiras. A ESA garante o retorno (mínimo 90%) dos fundos investidos através de contratos de I&DT ou industriais, descontados os custos de gestão pela ESA. (in: *Estratégia Nacional para o Espaço 2003-2008*)

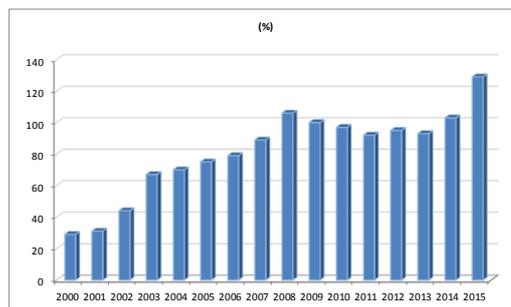
¹⁷ **EUMETSAT** – (*European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites*), nascida de uma iniciativa da ESA, é a organização operacional, responsável pelo programa europeu de satélites ao serviço da Meteorologia. Portugal é Estado Membro fundador de pleno direito desde 1986. (in: *Estratégia Nacional para o Espaço 2003-2008*)

Figura 3 - Investimento nos Programas Opcionais, por domínio programático, no período 2000-2014 (%)



Fonte: FCT/GE

Figura 4 - Retorno do Investimento de Portugal na ESA, no período 2000 a 2015



Fonte: FCT/GE

O Programa Científico desenvolve-se nos domínios das Ciências do Universo e da Física Fundamental, entre outros, e conta com a participação da comunidade científica dos Estados Membros (EM) para a definição das prioridades das missões científicas, estando assim particularmente vocacionado para a participação das Universidades e Instituições de I&D nacionais.

Dentro dos Programas Opcionais, quatro domínios programáticos captaram 92% do total de investimento efectuado, superior a 100 milhões de euros¹⁸: telecomunicações (34,4%), observação da terra (23,9%), tecnologia (18,5%) e navegação (15,3%). (Figura 3)

Todavia, foram as “famílias” dos Programas Navegação, Telecomunicações e Observação da Terra que obtiveram maior volume de contratos celebrados, respectivamente, 25,74 M€, 20,13M€ e 19,65M€.

Tabela 1 - Contratos celebrados com a ESA, por tipo de Instituição contratante, no período 2006-2015 (Nº Contratos, por família programática)

Família Programática / Instituição	Programas Opcionais								Programas Obrigatórios		TOTAL
	Exploração Robótica	Lançadores	Tecnologia	Navegação	Observação da Terra	Telecomunicações	Segurança Espacial (SSA)	Outros Programas	General budget	Programa Científico	
Academia	8	0	19	0	54	19	0	9	87	19	215
Empresas	47	343	63	82	235	115	2	61	323	118	1389
Total	55	343	82	82	289	134	2	70	410	137	1604

Fonte: ESA, 2016

A participação no Programa Navegação tem sido um caso de sucesso, nomeadamente nas fases iniciais Galileo Satellites e Galileo IOV¹⁹, tendo o retorno geográfico dos investimentos realizados ultrapassado os 100%, em particular no domínio do *software*. De igual modo a participação no Programa de Evolução do GNSS (*EGEP-European GNSS Evolution Programme*) tem sido bem-sucedida contando com o envolvimento da indústria portuguesa, liderando alguns projectos, como sejam sobre novos conceitos

¹⁸ valor acumulado no período 2000 a 2014.

¹⁹ Galileo IOV – In-orbit Validation satellites

avanzados para o futuro do Galileo, nomeadamente ao nível do sistema e sinais²⁰. Refira-se ainda a instalação de uma estação de suporte ao sistema Galileo, GSS (*Galileo Sensor Station*), instalada em Santa Maria, Açores.

O Programa Artes – Pesquisa Avançada em Sistemas de Telecomunicações – que promove o desenvolvimento de tecnologia, produtos e sistemas em parceria com a indústria, é um dos programas de telecomunicações subscrito por Portugal com uma das mais bem-sucedidas participações, tanto do ponto de vista industrial como académico. A título ilustrativo refira-se o desenvolvimento de produtos para comunicações ópticas, e alguns projectos na área da vigilância marítima²¹.

A participação no Programa Tecnológico GSTP (*General Support Technology Programme*) – que “incide em tecnologias genéricas e de suporte a missões espaciais, intervindo no desenvolvimento necessário às fases de pré-desenvolvimento e de pré-qualificação”²² – tem sido imperativo para o país na medida em que tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologia e produtos associados a níveis tecnológicos mais elevados (TRLs²³) catapultando a competitividade nacional para outros programas.

O envolvimento na ESA tem também sido um factor de potenciação e alavancagem à **participação das equipas nacionais** – empresas, instituições de I&D e Universidades Portuguesas – **em projectos europeus – 7º e 8º Programas-Quadro de I&DT (FP7 e H2020)**, evidenciando, deste modo, a sua internacionalização.

Entre 2007 e 2016, Portugal participou em 94 projectos no âmbito do PQ I&DT (FP7 e H2020) tendo captado um financiamento europeu competitivo próximo dos 30 milhões de euros. O dinamismo da participação nacional em consórcios europeus é visível no ritmo de crescimento médio anual do financiamento captado no período que se cifrou em cerca de 22% (tmac²⁴).

Portugal coordenou mais de 30% dos projectos em que participou²⁵, seguido pela Espanha (15%), Reino Unido (14%), França (10%) e Itália (9%) que no conjunto asseguraram perto de 80% das lideranças.

²⁰ “*Future High Integrity Safety Critical Regional Augmentation Test Bed Development*” e “*Speed V2 development and Use of Galileo to support Advanced RAIM concepts*” (a título de exemplo).

²¹ Projeto Rapsody visa assegurar a vigilância marítima nos países da União Europeia no Atlântico Norte e no Mediterrâneo.

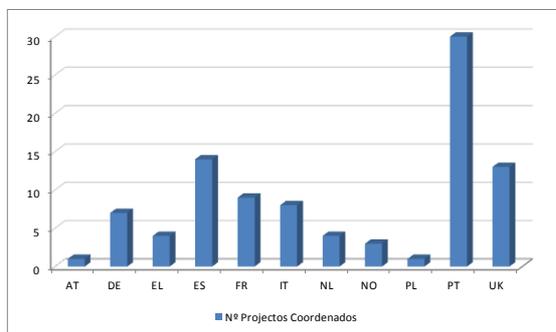
²² In: “Estratégia Nacional para o Espaço 2003-2008”

²³ TRL – Technology Readiness Levels

²⁴ tmac- taxa média anual de crescimento

²⁵ Em sentido lato: 13 das coordenações são individuais. No período em análise os projectos tiveram uma participação média de 14,5 entidades

Figura 5 - Número Projectos Coordenados por país participante nos consórcios europeus, no período 2007-2016



Nota: No total de 94 projectos com participação portuguesa
 Fonte: FCT/GPPQ

Tabela 2 - Nº Projectos (FP7 e H2020) Coordenados por Portugal por tipo de entidade, no período 2007-2016
 (nº entidades participantes)

	Nº projectos coordenados	Nº projectos coordenados	Total
	Nº Participante =1	Nº Participante >1	
Ensino Superior	4	3	7
Centros Investigação	5	2	7
Empresas	4	12	16
Total	13	17	30

Nota: 14,4 entidades foi o número médio de participação registado no período
 Fonte: FCT/GPPQ

Em termos de distribuição institucional da taxa de liderança dos consórcios salientam-se as empresas com mais de 50% seguidas em partes iguais pelo Ensino Superior e Centros de Investigação. No âmbito das coordenações/participações individuais sublinham-se designadamente 4 participações da academia (três do ensino superior – IST, integradas nos centros de investigação IPFN e CENTRA, e uma de centro de investigação – CAUP) com projectos ERC (European Research Council) e 4 participações no *SME Instrument* (H2020) pela relevância da excelência científica e da investigação de fronteira e da inovação de base tecnológica com elevado potencial disruptivo, associadas, respectivamente, a cada um dos instrumentos do PQ I&DT.

Convergiu também para este desenvolvimento o apoio consagrado à realização de 296 **projectos de I&D financiados pela FCT**, entre 2007e 2016, num montante de cerca de 17 milhões de euros⁹, ao abrigo dos diferentes concursos para financiamento competitivo de projectos de I&D contribuindo para o reforço da competitividade das instituições científicas e tecnológicas tanto em termos nacionais como para a sua inserção internacional.

As áreas científicas em que se registaram maior percentagem de projectos foram as Ciências Exactas (70,9%), as Ciências Naturais (17,2%) e as Ciências da Engenharia e da Tecnologia (7,8%) que no conjunto captaram 96% dos projectos concedidos.

Tabela 3 - Distribuição dos Projectos de I&D, financiados pela FCT no período 2007-2016, no âmbito da Agenda do Espaço e Observação da Terra, por Área Científica Principal* e Painel de Avaliação*

Área Científica Principal*	Painel avaliação*	(%)
C Agrárias	<i>Agricultura, Silvicultura e Pescas</i>	100,0
	Sub-Total	2,7
C da Eng.ª e da Tecnologia	<i>En.ª do Ambiente</i>	4,3
	<i>Eng.ª Civil</i>	21,7
	<i>Eng.ª Electrotécnica, Electrónica e Informática</i>	30,4
	<i>Eng.ª Mecânica</i>	34,8
	<i>C. da Computação e da informática</i>	8,7
	Sub-Total	7,8
C Exactas	<i>C. da Computação e da informática</i>	0,5
	<i>Física</i>	97,6
	<i>Matemática</i>	1,0
	<i>Química</i>	1,0
	Sub-Total	70,9
C Médicas e da Saúde	<i>Medicina Clínica e C da Saúde</i>	100,0
	Sub-Total	0,3
C Naturais	<i>Biologia Experimental e Bioquímica</i>	3,9
	<i>C Biológicas</i>	3,9
	<i>C da Terra</i>	62,7
	<i>C do Ambiente</i>	29,4
	Sub-Total	17,2
Humanidades	<i>Estudos Literários</i>	33,3
	<i>História e Arqueologia</i>	66,7
	Sub-Total	1,0
	Total	100,0

Nota: *Áreas Científicas, adaptadas da Classificação FOR&D do Manual Frascati, Guião de Avaliação. Concurso para Atribuição de Bolsas de Doutoramento-2018

Fonte: FCT

No quadro dos instrumentos de política pública de dinamização económica – designadamente em matéria de esforço em I&DT e promoção da inovação – refira-se o financiamento concedido, no período entre 2007 e 2016, a 22 projectos²⁶, num montante superior a 6 milhões de euros, ao abrigo dos diferentes sistemas de incentivos (SI) ao investimento das empresas²⁷, nas diferentes tipologias de projectos, através do Programa Operacional Factores de Competitividade (COMPETE), dos Quadros Comunitários de Apoio (QREN e Portugal 2020).

²⁶ Apenas foram considerados para análise os projetos aprovados no âmbito das seguintes medidas:

QREN: 1.1.1.1.1 - I&DT Entidades do SCTN/Projetos Individuais; 1.1.1.2 - I&DT Entidades do SCTN/Projetos em Co-promoção; 1.1.3.1 - Promoção da cultura científica e tecnológica/Projectos Individuais; 1.1.7.1 - IC&DT Estratégicos e de Interesse Público/Projetos Individuais; 1.1.7.2 - IC&DT Estratégicos e de Interesse Público/Projectos em Co-promoção; 1.2.1.1 - I&DT Empresas/Projetos Individuais; 1.2.1.2 - I&DT Empresas/Projetos em Co-promoção; 1.2.1.3 - I&DT Empresas/Projetos Mobilizadores; 1.2.1.4 - I&DT Empresas/Vale I&DT; 1.2.1.5 - I&DT Empresas/Projectos Individuais/Regime Especial; 1.2.2 - I&DT Colectiva; 1.2.3.1 - Criação e Reforço de competências Internas de I&DT/Núcleos de I&DT; 2.1.1 - SI Inovação/Inovação Produtiva; 2.1.2 - SI Inovação/Projetos do Regime Especial; 2.1.3 - SI Inovação/Projetos de Interesse Estratégico; 2.1.4 - SI Inovação/empreendedorismo Qualificado; 2.2.1 - SI Qualificação PME/Projectos Individuais e de Cooperação; 2.2.2 - SI Qualificação PME/Projetos Conjuntos; 2.2.3 - SI Qualificação PME/Vale Inovação; 2.3 - Projetos transitados do QCA III e, 5.1 - Sistema de Apoio a Ações Colectivas (SIAC): Fonte: FCT/GEE.

²⁷ Apenas 2 projetos se inserem na área Ciência e Conhecimento

Tabela 4 – Projetos Financiados pelo Programa COMPETE*, no período 2007-2016, no âmbito da Agenda Espaço e Observação da Terra

(Nº projectos por tipologia SI e Sector Actividade do Líder do Projecto, classificado por nível Intensidade Conhecimento/I&D)[†]

Tipologia de Projectos	Nível Intensidade Conhecimento/I&D					Total**
	Serviço Alta Tecnologia, Intensivo em Conhecimento	Serviço Intensivo em Conhecimento	Serviço Pouco Intensivo em Conhecimento	Indústria Média-Baixa Tecnologia		
I&DT - Copromoção	2	3	-			5
I&DT - Individuais	2	4	-	-		6
Criação e Reforço de Competências Internas de I&DT-Núcleos de I&DT	1	1	-	-		2
Qualificação PME/Projectos Individuais e de Cooperação	3	-	-	-		3
Inovação - Produtiva	-	2	-	1		3
Promoção da cultura científica e tecnológica/Projectos Individuais*	-	-	2	-		2
Total	8	10	2	1		21

Nota:

* Projectos cujo organismo intermédio não é a FCT

† Eurostat - Classificação Sectorial

* Área Ciência e Conhecimento

** Informação disponível apenas para 21 projectos

Fonte: COMPETE/FCT

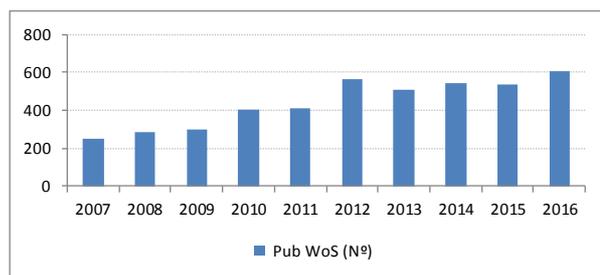
A análise da informação disponibilizada permite concluir que a maioria (85,7%) dos “actores” – líderes dos projetos – deste processo são empresas dos sectores dos serviços de alta tecnologia com forte intensidade em conhecimento e dos serviços com forte intensidade em conhecimento²⁸. Salienta-se também que cerca de um quarto dos projectos foram realizados em co-promoção envolvendo empresas e outras instituições do Sistema de I&I, nomeadamente, Centros de Interface e do Ensino Superior, traduzindo a existência de colaboração/articulação na realização de atividades de investigação industrial e/ou desenvolvimento experimental, optimizando a complementaridade das competências respetivas tendo em vista “a criação de novos produtos, processos ou sistemas ou à introdução de melhorias significativas em produtos, processos ou sistemas existentes”²⁹.

A crescente capacidade científica de base do ecossistema espaço, nomeadamente, de **produção científica e tecnológica**, e reconhecida internacionalização, está também evidenciada pelo ritmo de crescimento médio anual de artigos publicados, indexados na *Web of Science* (WoS), registado no período 2007 a 2016 de 10,5%²⁴ – total de 4408 artigos – superior ao do total de publicações em igual período (8,6%).

²⁸ Inclui serviços de mercado e outros serviços

²⁹ Conforme estipulado no aviso de abertura de concurso “I&DT em Copromoção”

Figura 6 – Artigos publicados (*) no âmbito da Agenda Espaço e Observação da Terra, no período 2007-2016



(*) – Índices = *Web of Science* (SCI – *Science Citation Index- Expanded*; SSCI – *Social Science Citation Index*; A&HCI – *Arts & Humanities Citation Index*; CPCI-S - *Conference Proceedings Citation Index - Science*; CPCI-SSH - *Conference Proceedings Citation Index - Social Science & Humanities*.

Tipos de documento: *Article* e *Proceeding Paper*

Fonte: FCT/GEE

É nas áreas das Ciências Exactas e das Ciências da Engenharia e da Tecnologia que se encontra o maior número de publicações referenciadas, nomeadamente nas seguintes categorias: Astronomia e Astrofísica, Física das Partículas, Física Nuclear, Física Multidisciplinar e Deteção Remota, respetivamente, com 3274, 1781, 567, 232 e 196 publicações (contagem global). Estas incluem-se na sua imensa maioria na área científica das Ciências do Universo descrita na agenda.

O ecossistema espacial nacional tem enriquecido com o surgimento de **novas empresas de base tecnológica** – tradutoras da capacidade de absorção, desenvolvimento e aplicação do conhecimento – fruto designadamente do trabalho desenvolvido no âmbito do Programa de Transferência de Tecnologia Espacial (*Portuguese Technology Transfer Initiative* (PTTI) –, implementado entre 2012 e 2014, com a participação da FCT, da ESA e do Instituto Pedro Nunes (IPN), num valor de investimento de 300 mil euros, com o objectivo genérico de reforçar a competitividade da indústria espacial portuguesa mediante apoio financeiro e facilitando a transferência de tecnologias espaciais para mercados terrestres, criando novos serviços e produtos em sectores de actividade diversificados.

O ESA BIC Portugal (Centro de Incubação de Empresas da Agência Espacial Europeia em Portugal), criado em 2014, com sede em Coimbra, coordenado pelo Instituto Pedro Nunes (IPN) e com pólos no Parque de Ciência e Tecnologia da Universidade do Porto (UPTEC) e na agência DNA Cascais, possibilitou que no espaço de três anos tenham sido criadas 16 empresas – seis atingiram já a fase de maturidade – com 56 postos de trabalho criados que aplicam tecnologias espaciais em sectores não espaciais/terrestres com uma capacidade de exportação da ordem dos 40% e um retorno anual de quase 900 mil euros, em 2016.

Cinco novos projetos estão anunciados antevendo-se que até 2019 sejam criadas 30 *Startups*, 240 novos postos de trabalho altamente qualificado em sectores com elevado conteúdo tecnológico e a captação de um volume de investimento da ordem dos 6,5 M€.

Um dos expoentes da capacitação científica e tecnológica nacional atingida pelo ecossistema espacial é assinatura do contrato para a construção do satélite INFANTE³⁰ – o satélite português mais ambicioso, totalmente desenvolvido e construído no país – assinado por um consórcio envolvendo um conjunto de empresas, centros de I&D e centros de interface (instituições de I&D com funções de intermediação no processo de produção do conhecimento), apoiado pela Agência Nacional de Inovação (ANI) através do Sistema de Incentivos à I&DT Empresarial – Programas Mobilizadores e co-financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do COMPETE 2020 e Lisboa 2020, Portugal 2020³¹.

2.4 Diagnóstico da área em Portugal

Ciências de Universo

Portugal tem acompanhado a dinâmica internacional fruto da decisão política de integrar a ESA e o ESO. **O esforço pioneiro do programa Portugal-ESO da FCT (1994-2003) permitiu a criação de uma comunidade de jovens cientistas Portugueses de grande qualidade.** Estes doutoraram-se em grande percentagem no estrangeiro trazendo assim uma vasta rede de contactos e integração internacional que é bem patente no elevado grau de internacionalização das unidades da área. O processo de seleção dos doutorandos combinando o mérito do candidato, com o do projeto e de orientador/instituto de acolhimento contribuiu também para uma comunidade de elevado nível por padrões internacionais.

A jovem comunidade funcionou como âncora e propulsora de resultados assinaláveis na última década:

- segundo dados da DGEEC as Ciências do Universo eram em 2017 a segunda área científica de maior impacto em Portugal, e a com maior percentagem de publicações citadas;
- segundo os mesmos dados no panorama dos países europeus UE-15 Portugal aparece com um impacto muito superior à média dos países europeus;
- a área apresenta uma grande capacidade de obtenção de financiamento Europeu, sendo que as unidades de I&D com atividade central em Ciências do Universo captam no 7º Programa Quadro o dobro do financiamento obtido pela FCT;
- as estatísticas do uso dos telescópios do ESO na última década mostram um retorno muito superior à contribuição Portuguesa para o orçamento;
- a comunidade nacional participa em consórcios internacionais de instrumentos no solo e missões no espaço, tendo conseguido papéis de liderança em alguns.

Na análise de áreas das Ciências do Universo com massa crítica em Portugal, o grupo de peritos usou como referência a classificação do painel “*Universe Sciences*” do *European Research Council*. Não considerando as áreas de “Bases de dados” e “Instrumentação” que se integram no painel de “Tecnologias para o Espaço”.

³⁰ Projecto INFANTE “é uma iniciativa de I&D para o desenvolvimento e demonstração em órbita de um microsatélite, como primeiro componente de uma constelação de 12 satélites para vigilância marítima, observação da Terra e comunicações entre satélites e estações de solo” (UNIDEMI, Notícias)

³¹ ANI, Notícias

Na sua análise, o grupo de peritos começou por **definir massa crítica como existência cumulativa de vários indicadores**: a) produção científica indexada muito significativa e liderada por cientistas baseados em Portugal; b) recursos humanos permanentes, cientificamente ativos e integrados em unidades FCT; c) existência de *post-docs*, e estudantes de doutoramento; d) capacidade de obter financiamento competitivo nacional e europeu. Este resultado foi obtido por consenso dos peritos.

Posteriormente identificou que Portugal apresenta massa crítica e qualidade científica nas seguintes áreas científicas das Ciências do Universo (com a ordenação do painel das ERC):

- “Sistemas planetários” (que inclui o sistema solar e exoplanetas);
- “Estrelas e sistemas estelares”;
- “Formação e evolução de galáxias”;
- “Astrofísica das altas energias e astro-partículas” e “Matéria escura e energia escura” (nos aspectos em comum com as astro-partículas);
- “Astrofísica relativista” e “Astronomia gravitacional” (que inclui ondas gravitacionais);
- “Cosmologia” e “Matéria escura e energia escura” (nos aspectos em comum com a cosmologia).

Esta massa crítica está essencialmente assente nas unidades FCT. Ao longo da última década observou-se uma consolidação de unidades. Em particular com o processo de avaliação de 2013 tiveram lugar duas fusões: a) as unidades Centro de Astronomia e Astrofísica da Universidade de Lisboa (CAAUL) e Centro de Astrofísica da Universidade do Porto (CAUP) fundiram-se dando origem ao Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço (I-Astro); b) A linha espaço da unidade Laboratório de Sistemas, Instrumentação e Modelação em Ciências e Tecnologias do Ambiente e do Espaço fundiu-se com o Centro de Astrofísica e Gravitação (CENTRA).

As várias unidades com massa crítica nas áreas acima indicadas são atualmente:

- Centro de Astrofísica e Gravitação – CENTRA – avaliada como “Excelente”;
- Centro de Investigação e desenvolvimento em Matemática e Aplicações – CIDMA – avaliada como “Muito Bom”;
- Centro de Investigação da Terra e do Espaço – CITEUC – avaliada como “Muito Bom”;
- Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço – I-Astro – avaliada como “Excelente”; e
- Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas – LIP – avaliado como “Muito Bom”.

Paralelamente existem cientistas em outras unidades de investigação com atividades relevantes para Ciências do Universo e com publicações e/ou projetos na área. No entanto algumas destas unidades não têm como uma das suas linhas de investigação áreas das Ciências do Universo. A qualidade e impacto são também bastante irregulares, o que não exclui atividades de altíssimo nível. Em particular é realizada investigação: a) em plasmas e magneto-hidrodinâmica de relevância astrofísica no Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear - IPFN; b) em cosmologia e gravitação no Centro de Física do Porto e do Minho;

c) e realizada investigação em hadrões e interações fundamentais relevantes para estrelas compactas no Centro de Física da Universidade de Coimbra; d) em radioastronomia da galáxia e do Sol no Instituto de Telecomunicações - Aveiro e Observatório Astronómico "Prof. Manuel de Barros" da Universidade do Porto; e) em astrobiologia no Centro de Química-Física Molecular do Instituto Superior Técnico

Das áreas do painel “*Universe sciences*” do *European Research council* com atividade em Portugal sem massa crítica ou desconhecida identificaram-se:

- a. Física solar e interplanetária;
- b. Meio *interestelar*;
- c. Formação de estrelas e planetas (as actividades nestas área foram incluídas ou em sistemas planetários ou em estrelas e sistemas estelares, dado serem desenvolvidas neste contexto);
- d. Astrobiologia;
- e. Galáxia (entendida como estrutura e dinâmica da via láctea);
- f. Enxames de galáxias e estruturas de larga escala;
- g. Ciências do espaço (entendidas como ciências de interação do Sol com a Terra e da vizinhança próxima da terra).

Na secção 4.1 serão expandidos e focados os temas aqui abordados.

Tecnologias para o Espaço

Esta secção pretende expor de forma harmonizada e de acordo com critérios de referência o trabalho desenvolvido nos últimos 10 anos pela comunidade que se dedica às Tecnologias e aplicações para o Espaço em Portugal.

As instituições com atividades consolidadas no setor espacial foram identificadas (Tabela 5) e foi utilizada a “*ESA Technology Tree*” para classificar as atividades desenvolvidas e consolidadas que se apresentam em seguida. Não havendo uma nomenclatura estabelecida em Português para as áreas da ESA “*Technology Tree*”, optou-se por usar o inglês oficial da documentação de referência da ESA para classificar os diversos setores de atividade.

Tabela 5 - Atividades consolidadas nas Tecnologias para o Espaço por Instituição de I&D

n – Technology Domain		
Technology Subdomain / Technology Group	Instituto/ Unidade de Investigação	Fontes de financiamento
1- Onboard data Systems		
A - Payload Data Processing/ Software Technologies for Payload Data Processing	Instituto Superior Técnico/ Instituto de Sistemas e Robótica (ISR)	FCT, PT2020
2- Space System Software		

n – Technology Domain		
Technology Subdomain / Technology Group	Instituto/ Unidade de Investigação	Fontes de financiamento
A - Advanced Software Technologies/ Advanced Software Development Methods and Tools and Advanced software Functions	UNINOVA - CA3	ESA, FCT, P2020; EADS- Astrium
A - Advanced Software Technologies/ Advanced Software Development Methods and Tools and Advanced software Functions	Centro de Astrofísica e Gravitação (CENTRA)	FCT, ESA
C - Ground Data Processing/ Analytical Processing	Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço (I-Astro)	FCT, ESA, Indústria
E - Earth Observation Payload Data Exploitation/ Data and Information Processing and Exploitation	Instituto Superior Técnico/ Instituto de Sistemas e Robótica (ISR)	FCT, ISR
C - Ground Data Processing/ Analytical Processing		FCT, PT2020
E - Earth Observation Payload Data Exploitation/ Application and Services		H2020
4- Spacecraft Environment and Effects		
A – Space Environment / Numerical Modeling of Environments and Inflight Monitoring	Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (LIP)	ESA
B -- Environment Effects/ Effects Analysis Tools		ESA
C – Space Weather/ Space weather Monitoring Technology		ESA, FCT
A – Space Environment / Numerical Modeling of Environments	Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies (C-MAST)	FCT, CNPq, SUDOE
5- Space System Control		
C- Control Techniques and Tools/ Modelling Techniques, Advanced Control and Optimization and Multidisciplinary Optimization	Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies (C-MAST)	FCT, CNPq, SUDOE
B- Control Systems Innovative Technologies / High Accuracy Pointing Technologies		
D - AOCS/GNC Sensors and Actuators/ AOCS/GNC Inertial and Magnetic Sensors AOCS/GNC Inertial and Magnetic Actuators	Instituto Superior Técnico/ Instituto de Sistemas e Robótica (ISR)	FCT, PT2020
6 - RF Systems, Payloads and Technologies		
E – RF Technologies and Equipment	Instituto de Telecomunicações (IT)	ESA, H2020, Empresarial P2020
B - Radio Navigation Systems/Subsystems/ Formation-flying RF metrology	Instituto Superior Técnico/ Instituto de Sistemas e Robótica (ISR)	FCT, PT2020
10 – Flight Dynamics and GNSS		
A - Flight Dynamics/ Mission analysis and Trajectory Design Advanced Flight Dynamics Operations	Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies (C-MAST)	FCT, CNPq, SUDOE
13 - Automation, Telepresence & Robotics		
B - Automation & Robotics Systems/ Mobility Systems	Instituto Superior Técnico/ Instituto de Sistemas e Robótica (ISR)	ESA, FCT
16 – Optics		

n – Technology Domain		
Technology Subdomain / Technology Group	Instituto/ Unidade de Investigação	Fontes de financiamento
A - Optical System Engineering	Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço (I-Astro)	ESA, FCT, ESO
A - Optical System Engineering	Centro de Astrofísica e Gravitação (CENTRA)	ESA, ESO, H2020, FCT
C- Optical equipment and instrument technology		
A - Optical System Engineering B – Optical Component Technology and Materials/ OPTICAL GROUND SUPPORT EQUIPMENT (OGSE) C – Optical Equipment and Instrument Technology/ Spectrometers, Imaging Spectrometers, Radiometers; Laser Ranging and Imaging, Lidars and Altimeters; Interferometry, aperture synthesis and Optical Phased Arrays; High Precision Optical Metrology	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa/ Laboratório de Óptica Lasers e Sistemas Centro de Astrofísica e Gravitação (CENTRA)	ESA, FCT, ESO, EU
17 – Optoelectronics		
C – Photonics/ Micro- & Nano-Photonics and Fibre-Optics Sensors	INESC TEC/ Centro de Fotónica Aplicada	ESA
18– Aerothermodynamics		
A – Numerical Methods B – Ground Based Facilities C – Sensors and Measurement Techniques D – Flight Databases	Instituto Superior Técnico/ Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear (IPFN)	ESA
19 – Propulsion		
B - Electric Propulsion Technologies	Instituto Superior Técnico/ Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear (IPFN)	ESA
B - Electric Propulsion Technologies	Centro de Estudos de Fenómenos de Transporte	
B - Electric Propulsion Technologies C – Advanced Propulsion	Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies (C-MAST)	FCT, CNPq, SUDOE
20 – Structures		
A - Structural design and verification methods and tools G - Launchers, reentry vehicles, planetary vehicles J - Advanced structural concepts and materials	CEiiA - Centro de Engenharia e Desenvolvimento de Produto	ESA, H2020, FCT
A - Structural design and verification methods and tools B – High Stability and High Precision S/C Structures C – Inflatable and Deployable Structures D – Hot structures E – Active/Adaptive structures F – Damage tolerance and Health Monitoring G - Launchers, reentry vehicles, planetary vehicles J - Advanced structural concepts and material	Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial (INEGI)	ESA, H2020, PT2020
21- Thermal		
C- thermal protection D- heat storage and rejection	Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial (INEGI)	ESA, H2020, PT2020

n – Technology Domain		
Technology Subdomain / Technology Group	Instituto/ Unidade de Investigação	Fontes de financiamento
A Heat transport technology B Cryogenics and refrigeration D Heat storage and rejection E- Thermal analysis tools	Laboratório de Instrumentação, Engenharia Biomédica e Física das Radiações – U. Nova/FCT	ESA, H2020
23 – EEE Components and Quality		
A - Methods and Processes for Product assurance of EEE Components/ Evaluation and Testing Modelling Irradiation Test Facilities	Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (LIP)	ESA
24 - Materials and Processes		
A – Novel Materials and Materials Technology B – Materials Processes E – Modelling of Materials Behaviour and Properties	Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial (INEGI)	ESA, H2020, PT2020

Observação da Terra

A comunidade nacional de Observação da Terra tem participado em numerosos projetos onde **dados de satélites meteorológicos e ambientais têm sido explorados no âmbito das grandes temáticas das Ciências da Terra**: Atmosfera; Oceano; Superfícies Continentais; Terra Sólida; e Clima, sendo esta última transversal a todas as anteriores. No sub-domínio relativo a superfícies terrestres, a LSA-SAF, um programa da EUMETSAT liderado pelo IPMA, envolve a nível nacional grupos do meio académico (IPMA e a FCUL) e da indústria, tendo tido um papel importante na criação de competências e de infraestruturas que tornaram esta **comunidade competitiva em projectos europeus** (programas FP6, FP7, H2020), ESA e Copernicus. De facto, a comunidade local (IPMA) tem assumido um papel relevante no desenvolvimento e posterior prestação de serviços Copernicus *Global Land* e Copernicus *Atmospheric Monitoring Service (CAMS)*, assumindo-se como um *player* a nível internacional nesta área. No campo da segurança, é de destacar a participação forte da indústria nacional no *Copernicus Security Service* nomeadamente em todos os seus subdomínios: Vigilância de Fronteiras, Segurança Marítima e Suporte às Ações Externas.

Vários outros grupos, com atividade I&I relevante em Ciências da Terra, têm cruzado a fronteira com aplicações de Observação da Terra. Em particular, no sub-domínio transversal do Clima e Alterações Climáticas, a integração de equipas portuguesas em projetos como CCI *Ocean Color* (FCUL), CCI *Fire* (ISA), CCI *Sea Level* (FCUP) espelham o envolvimento em redes internacionais onde figuram os principais *players* em I&I nesta área. Estando a utilização de dados de satélite em Clima ainda em significativa expansão, existe um grande potencial para aliar competências científicas e infraestruturas instaladas e assim reforçar o papel de Portugal nesta temática.

A diversidade de aplicações de dados de Observação da Terra torna impossível um levantamento exaustivo da investigação realizada em Portugal nos últimos anos. Observações de alta resolução

espacial, sejam de radiómetros no domínio do óptico ou de radar, têm permitido estudos em áreas como o acompanhamento de atividades agrícolas, o mapeamento do uso do solo, bem como de movimentos de massa e deformação da superfície terrestre, ou a monitorização de águas costeiras e de *blooms* de algas nocivas, entre muitos outros.

Portugal é responsável pela maior área marítima da Europa, tendo o compromisso de aí aplicar a Diretiva Quadro Estratégia Marinha (DQEM) e manter uma boa qualidade ambiental. A Observação da Terra será neste contexto uma ferramenta importante, que deverá ser explorada por entidades públicas e pelo setor privado.

Capítulo 3 - As Políticas Públicas e a Investigação e Inovação na área do Espaço e Observação da Terra

A apropriação do Espaço como bem público leva à necessidade de identificação/reflexão sobre a sua ligação com a sociedade, em geral, e os decisores públicos, em particular, na identificação de temas com particular relevância societal para a definição da agenda de investigação e inovação “Espaço e Observação da Terra”.

Nesse sentido foi feita uma análise às opções estratégicas da política pública – nas diferentes áreas sectoriais de actuação – que se tenham revelado pertinentes no âmbito da Agenda quer no passado recente (3.1) quer para as quais se perspectivam maior desenvolvimento futuro e implicações para a relação com a produção de conhecimento e de inovação na área do Espaço e Observação da Terra (3.2).

3.1 O Espaço e a Observação da Terra e as Políticas Públicas no passado recente: temas e impactos

No início dos anos noventa o Programa Nacional de Ciências e Tecnologias do Espaço (RCM nº 51/93) é instituído com o objectivo do desenvolvimento das capacidades nacionais científicas, tecnológicas e industriais no domínio aeroespacial; a coordenação dos aspectos multidisciplinares; a promoção da articulação entre o sistema científico e tecnológico, e o aparelho produtivo e a rede comercial; e o enquadramento e articulação com os objectivos dos programas espaciais internacionais. Desde logo o Programa congregou os diferentes sectores – Estrutura de Missão³² – envolvidos e/ou interessados na área científica e tecnológica, conferindo-lhes coordenação e participação nos objectivos comuns.

É, assim, no quadro das opções estratégicas para o desenvolvimento do País, no período de 1994-1999 – nomeadamente preparar Portugal para a competição numa economia global – que é anunciado o Programa Nacional do Espaço, de âmbito interministerial, com o objectivo de criar ou reforçar as bases científicas, tecnológicas e industriais nos domínios aeroespaciais (Lei nº 74/93 – Grandes Opções do Plano para 1994).

A coordenação do Grupo de Trabalho para as Actividades de Ciência e Tecnologia Aeroespaciais³³, posteriormente criado, ficou sob a responsabilidade do Ministro da Ciência e Tecnologia, não obstante as competências dos outros departamentos governamentais na matéria.

Mas é em 1999 que o tema Espaço surge no quadro das opções de política de uma forma mais incisiva quando da adesão de Portugal à Agência Espacial Europeia, inserida num novo ciclo da política de ciência e tecnologia iniciado em 1995 com a criação do Ministério da Ciência e Tecnologia e que se traduziu, nomeadamente, pela entrada e participação em grandes Organizações Intergovernamentais e Programas Científicos Internacionais de que a adesão à ESA, ao ESO e a participação no Programa AMS

³² Composição da Estrutura de Missão: Coordenador do Programa Nacional de Ciências e Tecnologias do Espaço, representantes dos Ministros da Presidência e da Defesa Nacional, do Planeamento e da Administração do Território, da Indústria e Energia e das Obras Públicas, Transportes e Comunicações (RCM nº 69/93),

³³ RCM nº 25/97

(*Alpha Magnetic Spectrometer*)³⁴ da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) são exemplos.

Salienta-se também como etapa importante para o desenvolvimento do sector espacial em Portugal a assinatura, em 2005, do acordo de instalação e utilização de infra-estruturas de uma estação de rastreio de satélites da ESA nos Açores³⁵ (estação Santa Maria) – no quadro das acções de política para vencer o atraso científico e tecnológico do país³⁶ – permitindo designadamente consolidar as capacidades nacionais na área da Observação da Terra e tendo vindo a materializar-se como embrião, juntamente com a recente instalação de uma nova antena, de um centro de investigação e desenvolvimento internacional nas áreas do clima, alterações climáticas, observação da terra, espaço e oceanos (*ver*: 3.2).

De igual modo o reconhecimento do **Cluster Aeronáutica, Espaço e Defesa** (*AED Cluster*) como **cluster de competitividade**, ao abrigo do Regulamento de Reconhecimento dos *Clusters* de Competitividade (Despacho nº 2909/2015) se enquadra no âmbito da política pública orientada para o apoio à dinamização do conhecimento e competências agregados pelos sectores envolvidos e entidades associadas com o intuito de promover a transformação do tecido produtivo, o desenvolvimento de indústrias emergentes e o aumento da sua competitividade e inserção internacional.

No quadro da interface das opções estratégicas sectoriais da política pública com o sector do Espaço salienta-se a gestão integrada da zona costeira pela sua natureza transversal exigindo uma acção concertada de diferentes sectores governamentais e de convergência disciplinar para a sua consecução. A **Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira (ENGIZC)** (RCM nº 82/2009) aponta entre os objectivos transversais para a concretização das opções estratégicas definidas o reforço e a promoção da articulação institucional e da coordenação de políticas e instrumentos, assim como o desenvolvimento de mecanismos e redes e monitorização e observação. Também o **Relatório do Grupo de Trabalho do Litoral** (Despacho nº 6574/2014) – criado para desenvolver uma reflexão aprofundada sobre as zonas costeiras – aponta o acesso a informação que inclua dados, modelos e produtos com resolução espacial e temporal adequada como primeiro passo imprescindível para atingir o objectivo de uma gestão integrada e sustentável da zona costeira, relevando deste modo a importância dos serviços prestados a partir do Espaço.

O Regime Jurídico das Medidas necessárias para Garantir o Bom Estado Ambiental do Meio Marinho até 2020 – transpondo a **Directiva Quadro da Estratégia Marinha**³⁷ (**DQEM**) – (DL nº 108/2010), e os diplomas de alteração subsequentes³⁸ estabelecem as medidas necessárias para obter e assegurar a qualidade ambiental do meio marinho até 2020, que pressupõem, entre outras, o desenvolvimento e aplicação de estratégias marinhas. Os Planos de Acção das referidas Estratégias³⁹ estabelecem programas de monitorização que “apelam” à necessidade de formular especificações técnicas e

³⁴ O objectivo do Programa é o estudo detalhado do espectro de raios cósmicos primários no espaço. Portugal participou no Programa através do Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (LIP) e do Instituto Superior Técnico (IST).

³⁵ Na ilha de Santa Maria

³⁶ In: Grandes Opções do Plano para 2007, Lei nº 52/2006

³⁷ Directiva nº 2008/56/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de Junho, que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política para o meio marinho.

³⁸ DL nº 201/2012, DL 136/2013, DL 143/2015

³⁹ Águas Marinhas nacionais consideram quatro subdivisões: Continente, Madeira, Açores e Plataforma Continental Estendida.

métodos normalizados de monitorização – cuja coordenação científica e técnica estão a cargo do Instituto Português do Mar e da Atmosfera I.P. (IPMA) – relevando o papel da detecção remota neste processo.

Também a **Estratégia Nacional para os Recursos Geológicos – Recursos Minerais (ENRG-RM)** (RCM nº 78/2012) que tem por objectivo a promoção do sector mineiro, no horizonte de 2020, enquanto sector competitivo e garante de abastecimento de matérias-primas, numa perspectiva de sustentabilidade nacional, estabelece no seu Plano de Acção um conjunto de medidas e acções específicas que visam concretizar cada um dos quatro eixos de actuação em que assenta; dos quais alguns recorrem ao uso da Observação da Terra. Assim, no âmbito do eixo “desenvolvimento do conhecimento e valorização do potencial nacional”, salientam-se as seguintes medidas: a) o aumento do conhecimento do potencial nacional com identificação preliminar de recursos passíveis de exploração numa óptica de fomento mineiro, através, nomeadamente, das seguintes acções: a.1) desenvolvimento de novas metodologias de avaliação de recursos e novas utilizações; a.2) sistematização e disponibilização do conhecimento por via presencial e/ou remota; e a.3) desenvolvimento de projectos de reconhecimento da plataforma continental com o envolvimento conjunto do Ministério da Economia e do Emprego e o Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território; e b) partilha do conhecimento mediante desenvolvimento do e -Geo — Sistema Nacional de Informação Geocientífica e do Sistema de Informação de Ocorrências e Recursos Minerais Portugueses (SIORMINP).

Do mesmo modo as **Orientações Estratégicas de âmbito nacional e regional para a Delimitação das Áreas Integradas na Reserva Ecológica Nacional (REN) a nível municipal** (RCM nº 81/2012) são acompanhadas pelo esquema nacional de referência, que consiste na representação gráfica das principais componentes de protecção dos sistemas e processos biofísicos, dos valores a salvaguardar e dos riscos a prevenir. As orientações estratégicas foram elaboradas em articulação com outros regimes e instrumentos de política de ordenamento do território e apontam para a necessidade de dispor de informação fundamental à delimitação. Na delimitação a nível municipal aplicam-se as regras estabelecidas no Decreto Regulamentar nº 10/2009, que fixa a cartografia a utilizar nos instrumentos de gestão territorial da qual se salienta a cartografia topográfica de imagem ilustrando a relevância da utilização de imagens captadas por sensores em plataformas espaciais.

A **Estratégia “Cidades Sustentáveis 2020”** (RCM nº 61/2015), entendida como uma política de desenvolvimento territorial – que concretiza as opções estratégicas em matéria de desenvolvimento urbano sustentável – requer necessariamente o envolvimento e o compromisso de uma multiplicidade de agentes e níveis de governação, e apela também ao uso de dados espaciais. No quadro dos eixos estratégicos definidos e das correspondentes medidas identificadas para a sua prossecução é apontada – eixo “Sustentabilidade e Eficiência” – Alterações Climáticas e riscos – a necessidade da melhoria do conhecimento e da sensibilidade ao tipo de riscos relativamente à sua tendência, prospectiva, localização, impacto, monitorização e alerta. É também identificada – eixo da “Territorialização e Governança”- Informação e conhecimento – a importância de desenvolver sistemas de informação de base urbana, em particular geográficos, promovendo a integração e interoperabilidade com os sistemas existentes; e desenvolver parcerias estratégicas com as universidades e centros de investigação, estimulando ganhos recíprocos de conhecimento e produção científica orientados para a resolução de problemas urbanos.

Mais recentemente, e mais uma vez no quadro dos recursos geológicos, as **Linhas de Orientação Estratégica, quanto à Valorização do Potencial de Minerais de Lítio em Portugal** (RCM nº 11/2018) determinam que a actividade de revelação e aproveitamento dos minerais do lítio deve basear-se no conhecimento geológico tendo em vista a “gestão” da atribuição de licenças de prospecção e pesquisa, bem como para a respectiva exploração, sobre áreas previamente delimitadas como revelando potencial e contendo alvos promissores, salientando, assim, o contributo que as imagens de satélite poderão ter na cartografia geológica, nomeadamente, em termos de localização e exploração de recursos minerais.

3.2 Desafios para a agenda de investigação e inovação

Na identificação da interface governativa (opções estratégicas da política pública) com maior impacto futuro para a Agenda de I&I na área do Espaço e Observação da Terra, a **Estratégia Portugal Espaço 2030** (RCM nº 30/2018) surge como instrumento de política “de topo”. No seu enunciado o Espaço é desde logo reconhecido/apontado como recurso fundamental para o alcance dos objectivos de desenvolvimento económico e social do país, em geral, e das empresas e das instituições científicas e tecnológicas, em particular, sendo igualmente relevada a importância dos serviços prestados a partir do Espaço e da transferência de competências entre o Espaço e os outros sectores de acção governativa na exploração de dados e sinais espaciais através dos serviços e aplicações de base espacial.

O desenvolvimento e implementação da Estratégia assentam em três eixos estratégicos: 1) no estímulo, em colaboração com as outras áreas governativas, à exploração de dados e sinais espaciais através de serviços e aplicações de base espacial e habilitadas por tecnologias espaciais, promovendo novos mercados e emprego qualificado na agricultura, nas pescas e noutras actividades marítimas, no ambiente, na monitorização de infra-estruturas, no desenvolvimento urbano, na defesa e na segurança, e na saúde pública; 2) no fomento do desenvolvimento, construção e operação de equipamentos, sistemas e infraestruturas espaciais e de serviços de produção de dados espaciais, com ênfase em mini, micro e nanosatélites, mas também serviços de lançadores de nova geração; e 3) na prossecução do desenvolvimento da capacidade e competências nacionais através da investigação científica, inovação, educação e cultura científica, permitindo a sustentabilidade a longo prazo das infraestruturas, serviços e aplicações espaciais.

De igual modo a criação, em 2017, do **Grupo de Projecto *Space Surveillance and Tracking*** (RCM nº 116/2017) com a missão de preparar, implementar e operacionalizar a capacidade *Space Surveillance and Tracking* (SST)⁴⁰ nacional e de preparar a candidatura de Portugal à iniciativa europeia se insere nesta mesma perspectiva de interface da política pública. O objectivo da participação nacional neste Programa é a capacitação do país em áreas sensíveis e tecnologicamente diferenciadas, criando, sustentando e fixando competências e contribuindo para uma maior segurança nacional e internacional no e do espaço. A participação de Portugal no Programa deverá traduzir-se na construção de capacidade

⁴⁰ O SST “visa estabelecer a capacidade europeia de monitorização, classificação e previsão de trajetórias de objetos em órbita da Terra, capaz de providenciar serviços de alerta de colisão, de reentrada de objetos na atmosfera e de impacto de fragmentação”. O Programa SST, pilar essencial da política espacial europeia, enquadra-se no ciclo de programação Europa 2020, alinha-se com a política comum de segurança e defesa. (RCM nº 116/2017)

SST nacional articulada com outros programas nacionais na área do espaço⁴¹, integrando sensores, capacidade de processamento e serviços. A importância da continuidade do processo de participação no consórcio europeu *Space Surveillance and Tracking* é também realçada nas Grandes Opções do Plano para 2018 (GOPs 2018) (Lei nº 113/2017) pelo potencial acesso a um maior leque de financiamentos europeus para o desenvolvimento tecnológico na área espacial articulando necessidades militares, I&D e tecido empresarial português, permitindo a afirmação do país e da indústria nacional nesta área. As oportunidades de financiamento da investigação e desenvolvimento tecnológico suscitadas pela criação do Fundo Europeu de Defesa terão um efeito de alavanca no financiamento nacional.

Também o **Regime de acesso e exercício de actividades espaciais – Lei do Espaço** (DL nº 16/2019), recentemente publicado, estabelece o regime legal orientado para a promoção do desenvolvimento de actividades, produtos e serviços espaciais no e a partir do País, criando as condições para o desenvolvimento seguro e sustentável da atividade privada e da investigação e desenvolvimento no setor espacial, nomeadamente, de desenvolvimento, construção e operação de equipamentos, sistemas e infraestruturas espaciais e de serviços de produção de dados espaciais, assim como de serviços de lançadores de nova geração.

Mas, também, o **Programa Internacional do Atlântico para o Lançamento de Satélites (ATLANTIC ISLP)**⁴² – iniciativa da Fundação para Ciência e Tecnologia (FCT) e da Estrutura de Missão dos Açores para o Espaço (EMA-Espaço), com o apoio técnico da ESA – que tem por objectivo o potencial desenvolvimento de um porto espacial no Atlântico para estabelecer uma nova geração de serviços de lançadores e actividades espaciais baseadas em pequenos satélites para fins diversificados, vem estimular o surgimento de um novo mercado de serviços, a criação de emprego qualificado e o surgimento de novos projectos empresariais com maior valor acrescentado. O Programa foi lançado com base num processo a três fases^{43 44}.

A **criação da Agência Espacial Portuguesa** (RCM nº 55/2019) – na sequência da implementação e execução da Estratégia Portugal Espaço 2030⁴⁵, acima referida – responsável pela execução da Estratégia Portugal Espaço 2030 e pela prestação de assessoria técnica à implementação e promoção do Programa *AZORES ISLP*.

⁴¹ “A Estratégia Portugal Espaço 2030 deve ser executada em estreita ligação com o Programa *Space Surveillance and Tracking* cujo Grupo de Projecto foi criado na dependência do Ministro da Defesa Nacional, em colaboração com a Ministra da Presidência e da Modernização Administrativa e o ministro da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, e com os Governos Regionais dos Açores e Madeira (RCM nº 30/2018, de 15 de Fevereiro).

⁴² ATLANTIC ISLP – Atlantic International Satellite Launch Programme

⁴³ Publicação e lançamento de convite internacional à colaboração com empresas portuguesas e centros de investigação e engenharia, em Setembro de 2018 – Primeira fase do processo

⁴⁴ Foi publicado, em Diário da República, o procedimento formal de diálogo concorrencial para a construção, operação e exploração de um porto espacial nos Açores, agora denominado “Azores International Satellite Launch Programme, AZORES ISLP” – Segunda fase do processo lançada, em 27 de Março de 2019

⁴⁵ Grupo de trabalho “Portugal Espaço 2030”, criado no âmbito da Estratégia, incumbido da apresentação de uma proposta institucional e financeira relativa à criação, instalação, financiamento e operacionalização da Agência Espacial Portuguesa.

A constituição da comissão instaladora do **Observatório do Atlântico**⁴⁶ (RCM nº 172/2017); a promoção do debate sobre a **Agenda de Investigação e Desenvolvimento “Interacções Atlânticas”** e a criação, instalação e funcionamento do **Centro Internacional de Investigação do Atlântico – AIR Centre** (Resolução Conselho Ministros nº 29/2018) constituem um conjunto de medidas que se inserem num objectivo mais vasto de afirmação e valorização da posição geoestratégica de Portugal no Atlântico cuja consecução deriva da geração de conhecimento científico e de desenvolvimento tecnológico sobre o Oceano e da sua transferência para o sector económico numa abordagem holística, integrativa e sistémica do conhecimento sobre espaço, atmosfera, oceanos, clima-energia e ciências dos dados no Atlântico, mediante a cooperação Norte-Sul/Sul-Norte.

No âmbito do desenvolvimento da **Agenda de Investigação e Desenvolvimento “Interacções Atlânticas”** e no quadro da internacionalização da “Estratégia Portugal Espaço 2030”⁴⁷ salienta-se, entre outros, a importância do desenvolvimento e promoção de uma agenda para o Mediterrâneo, garantido a integração de dados espaciais para o desenvolvimento agro-industrial, a sustentabilidade energética e a gestão da água, através da cooperação com países do Norte de África e Médio Oriente, designadamente no quadro do Programa PRIMA (*Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area*).

A homologação do **CoLAB Atlantic – Laboratório Colaborativo para o Atlântico**⁴⁸, inserida no quadro do lançamento de um nova geração de Laboratórios Colaborativos para dinamizar a cooperação entre o sistema científico e tecnológico e as empresas, promovendo actividades de I&D&I, assegurando novas formas colaborativas e de partilha de risco entre os sectores público e privado que sejam potenciadoras de criação de valor e de emprego qualificado.

A iniciativa **Go Portugal – Global Science and Technology Partnerships Portugal** (RCM nº 24/2018) – no quadro da internacionalização do Sistema Nacional de Investigação e Inovação (SNI&I) – aponta como uma das suas finalidades a valorização do posicionamento atlântico de Portugal no Mundo, atraindo financiamento e mobilizando diversos atores, tanto nacionais como internacionais, em termos de uma abordagem inovadora e integrativa, em todas as áreas do conhecimento com ênfase numa agenda de investigação e inovação sobre interacções atlânticas, onde o espaço tem relevância.

A **criação e instalação conjunta em Portugal do Laboratório STARLab**⁴⁹, em 2019, no âmbito da assinatura dos Memorandos de Entendimento sobre a parceria “China-Portugal Science and Technology 2030”, visando reforçar a cooperação nas áreas da observação da terra e dos oceanos, do espaço entre outras.

⁴⁶ Pretende-se que a estrutura funcione em rede, englobando as entidades competentes nacionais e as instituições de referência nacionais e estrangeiras, assumindo-se como polo agregador da geração de conhecimento sobre o Oceano e da sua transferência para o sector económico, em coordenação com a agenda «Interacções Atlânticas» e o «Centro Internacional de Investigação do Atlântico — AIR Centre (*Atlantic International Research Centre*)», para o reforço do conhecimento sobre as interacções espaço-clima-oceano através da cooperação norte-sul/sul-norte. (RCM nº 172/2018)

⁴⁷ RCM nº 30/2018

⁴⁸ Fase inicial do procedimento de constituição e operacionalização (FCT/Regulamento nº 486-A/2017)

⁴⁹ Instituição de investigação e desenvolvimento científico e tecnológico com a participação de entidades chinesas e portuguesas.

Assinala-se ainda o reforço das **Parcerias Internacionais em Ciência e Tecnologia com as Universidades Norte Americanas (MIT, Carnegie Mellon e a Universidade do Texas, Austin)**, tendo em vista dinamizar a cooperação em novas áreas da «ciência dos dados» e das tecnologias espaciais, e uma nova **parceria com os Indian Institute of Technology**⁵⁰, orientada para temas emergentes (leia-se, relacionados com o espaço) das aplicações digitais, todas elas desenvolvidas em estreita cooperação e envolvimento do tecido empresarial (GOPS 2018, Lei nº 113/2017).

O **Programa Mobilizador de I&D**⁵¹ **para a prevenção e combate de incêndios florestais** (RCM nº 159/2017) com o objectivo de reforçar o desenvolvimento de actividades de I&D destinadas a incentivar e fortalecer competências e capacidades científicas e técnicas, assim como garantir a apropriação e incorporação de conhecimento científico no apoio à decisão em sistemas operacionais e facilitar a produção de novos conhecimentos orientados para a solução de problemas concretos. Entre as áreas consideradas salienta-se a 1) da meteorologia, previsão e gestão do risco, designadamente na detecção de ignições e optimização de alertas precoces e desenvolvimento de sistemas de observação inteligente e de apoio à decisão, incluindo tecnologias avançadas de detecção remota e de inteligência artificial; e a 2) dos sistemas de sensorização, de informação e de comunicações de emergência e sua integração nos processos de decisão, ilustrando a importância da produção de conhecimento e de inovações na área do Espaço.

Salienta-se também o **Programa de Estágios na NASA**⁵² – no quadro da linha de acção Educação e Cultura Científica para o Espaço – Reforçar uma estratégia humanista para o Espaço – com o objectivo de proporcionar a realização de estágios de curta duração a estudantes portugueses – oriundos das áreas das Ciências, Tecnologias, Engenharias e Matemática – com comprovados curriculum e trabalho académico com especial enfoque na área espacial, contribuindo deste modo para dotação em recursos de recursos humanos com formação científica e tecnológica na área.

Estágios Tecnológicos BEST⁵³ - Programa de Estágios Tecnológicos na ESA e no ESO, ao abrigo dos acordos celebrados entre a FCT e as Organizações referidas com o objectivo da formação avançada de jovens portugueses, com grau académico de licenciatura ou superior, nos domínios das competências internacionalmente reconhecidas das Instituições.

O **Quadro Estratégico para a Política Climática (QEPiC)** – contempla o **Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030 (PNAC 2020/2030)** e a segunda fase da **Estratégia Nacional para as Alterações Climáticas (ENAC 2020)** – (RCM nº 56/2015) estabelece a visão e os objectivos da política climática nacional no horizonte de 2030, definindo um quadro integrado, complementar e articulado de instrumentos de política climática com o objectivo de potenciar o envolvimento e promover a responsabilização dos diversos sectores visando a integração da política climática nas políticas sectoriais. No quadro dos objectivos definidos para a consecução da visão salienta-se o estímulo à

⁵⁰ Indian Institute of Technology Gandhinagar e Indian Institute of Technology Roorkee, in: Memorando de Entendimento (MdE) entre a FCT e os Institutos atrás referidos.

⁵¹ Programas Mobilizadores para o desenvolvimento de projectos estratégicos de I&D desenvolvidos em cooperação por empresas, universidades e outras entidades de investigação” (GOPS 2018)

⁵² Ao abrigo do *Reimbursable Space Act Agreement* celebrado, em Março 2016, entre o Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, a Fundação para Ciência e Tecnologia (FCT) e a NASA (National Aeronautics and Space Administration of the United States of America).

⁵³ Bolsas de Estágios Tecnológicos

investigação, à inovação e à produção de conhecimento, apontando para a necessidade de desenvolver uma base de conhecimento em alterações climáticas que suporte a decisão em matéria de políticas públicas mediante, nomeadamente, do reforço da capacidade científica e tecnológica nacional de observação e conhecimento dos sistemas integrados atmosfera-oceano, onde a Observação da Terra fazendo uso de satélites é preponderante.

A Estratégia de Inovação Tecnológica e Empresarial para Portugal 2018-2030 (RCM nº 25/2018) visa a garantia da convergência de Portugal com a Europa até 2030, através do aumento da competitividade da economia portuguesa, baseada na investigação, desenvolvimento e inovação, bem como nas condições de emprego qualificado em Portugal no contexto internacional, aliado ao aumento do investimento público e privado em actividades de I&D. A consecução dos objectivos principais da Estratégia exige uma forte mobilização dos atores públicos e privados, quer ao nível do empreendedorismo e do investimento em novas empresas tecnológicas, quer na aceleração da digitalização da economia portuguesa, quer no reforço de estratégias colaborativas de inovação e transferência de tecnologia. Neste âmbito, a ANI⁵⁴ deverá, designadamente, contribuir na coordenação ou no apoio a esforços sectoriais de interesse estratégico como seja o do espaço. As GOPs 2019 (Lei nº 70/2018) realçam a importância da implementação da Estratégia em articulação com o Plano Nacional de Ciência e Tecnologia – ambos integrados sob os desígnios do Programa Interface – enquadrando a visão do Governo e um compromisso de futuro, convergindo no alinhamento de mecanismos que reforçam a produção e difusão de conhecimento e a sua transferência para a economia em estreita relação com os grandes desafios sociais.

Em aditamento à análise efectuada foi também feita uma consulta alargada aos diferentes sectores das políticas públicas. As respostas obtidas tiveram particular incidência no âmbito da política pública de ordenamento/valorização do território, em sentido “estrito” e na sua interface/articulação com o ordenamento do espaço marítimo tanto ao nível do Continente como das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira.

As tabelas, abaixo, sintetizam as respostas obtidas:

⁵⁴ ANI ponto focal mandatada pelos membros do Governo responsáveis pelas áreas da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, da Economia e do Mar a prosseguir as linhas orientadoras para a Estratégia.

Tabela 1 - Síntese das áreas de intervenção que exigiram mais investigação e inovação, na formulação da política pública, no contexto da Agenda

Política Pública	Áreas de intervenção com maior exigência em matéria de I&I, na formulação da política, nos últimos 10 anos	
	Eixos de Actuação	
Ordenamento do Território	Geodesia	Criação da Rede Nacional de Estações Permanentes Global Navigation Satellite System e desenvolvimento de um modelo de Geóide para Portugal Continental Global Navigation Satellite System (GNSS) - observação in situ em complemento à observação da Terra Desenvolvimento científico e tecnológico de técnicas de VLBI para estudos de radioastronomia, geodesia e geofísica, aplicados à georreferenciação, navegação e alerta de riscos naturais
	Territorialização e Governança - Informação e Conhecimento	Desenvolvimento e implementação de algoritmos de análise de imagens de satélite para produção de informação geográfica de ocupação e uso do solo para políticas públicas nas áreas do ordenamento do território, agricultura, floresta, gestão de desastres e ambiente (incluindo alterações climáticas)
	Informação Geográfica	Política Dados Abertos e de Interoperabilidade Digital - Desenvolvimento e implementação de infraestruturas e de modelos de armazenamento e disseminação de informação geográfica promotores de políticas de dados abertos e de interoperabilidade digital alinhadas com legislação nacional e europeia e com orientações de boas práticas internacionais Produção e disponibilização de informação geográfica
	Inovação na Gestão da Informação	Inovação Tecnológica e metodológica na exploração, análise e disponibilização de informação (e.g. geográfica e não geográfica)
Valorização do Território/ Desenvolvimento Territórios do Interior	Floresta - Gestão do Fogo	Observatório para a gestão do fogo
Clima/Alterações Climáticas		Deteção remota aplicada à Atmosfera/Alterações Climáticas, nomeadamente para estudos climáticos avançados no Atlântico, destinado à compreensão das interações oceano/atmosfera, em particular ao estudo dos mecanismos microfísicos da formação e influência das nuvens marinhas sobre o clima atual, bem como, com especial relevância, a sua influência sobre o clima futuro
Mar/Ambiente		Deteção Remota aplicada ao oceano, nomeadamente para estudos de oceanografia física e biológica e modelação de sistemas/processos oceânicos
Mar		Ordenamento do Espaço Marítimo Segurança e apoio a operações <i>offshore</i>

Tabela 2 - Síntese das áreas de intervenção críticas e indiciadoras de investigação e inovação futuras, para a formulação da política, no contexto da Agenda

Política Pública	Áreas de intervenção críticas e indiciadoras de I&I futuras, para a formulação da política	
Eixos de Actuação		
Ordenamento do Território	Territorialização e Governança - Informação e Conhecimento	Ocupação do Território - Acompanhamento da Execução da Infraestrutura Verde Urbana Avaliação dos Serviços dos Ecossistemas Exploração de Tecnologias de Comunicação e Posicionamento ao Serviço das Smart Cities Ocupação do Território - Monitorização da sua Transformação e Artificialização
	Sustentabilidade e Eficiência - Alterações Climáticas e Riscos	Informação para modelos de adaptação às alterações climáticas
	Geodesia	Modelo de Geoide com maior exactidão - soluções tecnológicas e metodológicas que explorem os sistemas de navegação por satélite para obter um posicionamento geográfico mais rigoroso em tempo real Desenvolvimento científico e tecnológico de técnicas de VLBI para estudos de radioastronomia, geodesia e geofísica, aplicados à georreferenciação, navegação e alerta de riscos naturais
	Informação Geográfica	Utilização de imagens de satélite para produção de informação geográfica de referência (e.g. altimetria, hidrografia, ocupação e uso do solo) Criação de soluções optimizadas que permitam acesso mais rápido aos grande volumes de dados obtidos por satélite Produção de informação geográfica de valor acrescentado no suporte à decisão Produção de Plataformas de gestão de informação e acompanhamento de políticas públicas no domínio da informação geográfica (em sentido lato)
	Informação Geográfica - Ciência dos Dados	Partilha de dados geográficos - Inovação no armazenamento e disseminação de dados
	Dados Abertos e Segurança do Estado	n. i.
Valorização do Território/ Desenvolvimento Territórios do Interior	Floresta - Gestão do Fogo	Novas metodologias e produtos cartográficos que permitam uma gestão florestal sustentada e o aumento da resiliência económica e social dos territórios
Clima/Alterações Climáticas		Alterações Climáticas - monitorização Incentivo ao uso de imagens SENTINEL, incluído monitorização da Qualidade do Ar e das Águas do Mar
Mar/Ambiente		Deteção Remota aplicada ao oceano, nomeadamente para estudos de oceanografia física e biológica e modelação de sistemas/processos oceânicos
Mar/Oceano		Impactos de novos usos Riscos emergentes
Espaço e Observação da Terra	Exploração de Dados e Sinais Espaciais Monitorização e Reporte	Integração, processamento e disponibilização de grande volume de dados (Big Data) de Observação da Terra e do Espaço Desenvolvimento de <i>software</i> sob medida na definição de algoritmos que contribuam na resposta às políticas públicas e competências institucionais utilizando dados e serviços Copernicus com o objetivo de implementar na Administração Pública, no âmbito das suas competências legais incluindo monitorização e reporte, ferramentas de Observação da Terra

Nota:

n.i. - Não identificada

Parte II

O Espaço e as diferentes áreas de Investigação e Inovação

Capítulo 4 - Domínios (sub-temas) e agendas de investigação

4.1 Ciências do Universo



Fonte:ESO/Noite silenciosa no Paranal

4.1.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Portugal parte para o futuro com uma situação forte em termos de competências e internacionalização que será essencial para construir um plano estratégico para o futuro capaz de enfrentar os desafios e atingir os objetivos a que o país se proponha.

Para que tal possa ser estabelecido de forma vantajosa para Portugal **é fundamental que a sua estratégia esteja integrada nas grandes agendas internacionais**, nomeadamente da Comissão Europeia e dos países que a nível internacional desempenham um papel de liderança nas várias áreas relacionadas com as Ciências do Universo. Essa estratégia estará também, necessariamente, ligada aos planos já estabelecidos para as grandes instituições internacionais em que Portugal participa, em particular a Agência Espacial Europeia (ESA) e o Observatório Europeu do Sul (ESO). Assim, quando se procura identificar os desafios e os objetivos é fundamental identificar o que está planeado para as próximas décadas por estas duas agências.

No âmbito da ESA há as grandes missões (L – large, mais de 1.100 M€) que já estão definidas e em alguns casos já em preparação. Estas grandes missões serão lançadas até ao início da década de 2030. Logo **o esforço de desenvolvimento científico da comunidade nacional deve procurar integrar no seu plano estratégico a capacidade nacional de integrar o planeamento, a construção e a exploração científica no âmbito destas grandes missões**. As missões em causa são o JUICE (L1, sistema solar), ATHENA (L2, observatório de raios-X) e LISA (L3, ondas gravitacionais). No plano da ESA aparecem também as missões médias (M, cerca de 600 M€), que correspondem a esforços críticos no desenvolvimento científico a médio prazo das áreas em que são implementadas. Mais uma vez uma parte significativa destas já foram definidas, vindo a ser implementadas ao longo das próximas duas décadas. Estas incluem o Solar Orbiter (M1, estudo do sol), EUCLID (M2, cosmologia), PLATO (M3,

estrelas e exoplanetas), ARIEL (M4, atmosfera de exoplanetas), faltando escolher as missões M5 e M6. O programa científico da ESA tem ainda missões de menor dimensão, havendo participação nacional em algumas destas (como o CHEOPS, S1). Efetivamente, Portugal está formalmente envolvido no futuro do programa científico da ESA, através da participação da sua comunidade científica e tecnológica (e em muitos casos, também na componente industrial) nas missões L2, L3, M2, M3, M4 e S1. Portugal também participa, via ESA, em várias missões da plataforma exterior da Estação Espacial Internacional (ISS) com lançamento previsto nos próximos 5 anos.

No âmbito do ESO o futuro está centrado na construção do ELT e sua instrumentação, bem como noutros projetos que permitam capitalizar sinergias com a participação em missões espaciais. Nesta componente é fundamental que Portugal use em seu benefício a experiência e visibilidade que foi adquirida em instrumentos como a CAMCAO, GRAVITY, ESPRESSO, MOONS ou NIRPS, para assegurar uma participação efetiva e com elevado retorno científico, em alguns dos instrumentos que estão a ser planeados e construídos para o ELT. Equipas portuguesas já participam em consórcios de instrumentos para o ELT de primeira geração (METIS) e HIRES e MOSAIC (segunda geração). O desenvolvimento nacional associado ao ESO está fortemente dependente desse esforço, já que uma fração significativa da comunidade nacional é utilizadora regular do ESO e dos seus dados. Em várias das equipas de maior dimensão essa ligação é fundamental como forma de sustentar uma estratégia a longo prazo. No âmbito do ESO há ainda o ALMA que será determinante para as próximas décadas em tópicos relevantes para as equipas nacionais. A capacidade de aproveitar melhor essa infraestrutura tem vindo a ser construída, nomeadamente com a criação do PACE, mas é importante continuar a sustentar esse esforço para que o desafio de aproveitar o ALMA seja efetivamente ganho.

Portugal tem vindo a considerar outras infraestruturas com relevância científica para a área das Ciências do Universo. Entre elas está o SKA, com potencial impacto em todas as áreas científicas dentro das Ciências do Universo. Portugal não tem ainda efetivamente uma comunidade com dimensão e experiência significativa na área da Radioastronomia. Assim o desafio fundamental no aproveitamento de uma eventual participação nacional no SKA está neste momento centrado em preparar uma geração de utilizadores efetivos desta infraestrutura. Eventual relevância dessa participação na componente tecnológica é discutida na secção específica deste documento.

No que respeita ao H2020 e ao programa que se segue, o FP9, as Ciências do Universo enfrentam novamente o desafio de estarem no grupo das ciências fundamentais. Consequentemente, as oportunidades são predominantemente dentro dos programas gerais, havendo um número reduzido nas agendas temáticas. As parcerias com a indústria são naturalmente importantes e oportunidades a explorar, no âmbito dos financiamentos da Comissão Europeia, mas não é correto afirmar que essa será uma via significativa de financiamento da componente de investigação fundamental que caracteriza esta componente das Ciências do Espaço em Portugal. No entanto Portugal deve continuar a suportar ativamente o esforço no sentido de garantir que o esforço que permitiu tornar as Ciências do Universo numa das áreas mais competitivas perdura, permitindo assim melhor aproveitar programas de base, como os implementados pelo ERC e *Marie Skłodowska Curie*. Neste caso **o desafio é atrair e reter os investigadores cujo perfil é potenciador de candidaturas competitivas a serem submetidas a estes programas.**

Face às competências existentes e atividades em curso é possível identificar alguns temas em que a comunidade nacional pode construir uma estratégia vencedora. Mas tal como acontece em ciência fundamental, como é o caso das Ciências do Universo, o futuro não deve ser refém do presente. Ou seja, **é crítico assegurar uma diversidade na capacidade instalada para se salvaguardar que esta se pode adaptar para enfrentar os novos desafios**, ainda desconhecidos, que de certeza o futuro nos trará. No entanto há algumas áreas onde é possível antever oportunidades (onde há já massa crítica instalada) e desafios a enfrentar (onde ainda não foi atingido o nível recomendado).

Portugal já atingiu em algumas atividades níveis interessantes de cooperação em parcerias entre a comunidade científica e a indústria nacional. No entanto este esforço deve ser continuado, pois este tipo de parcerias é potenciador de desenvolvimentos e consolidador de oportunidades. **A subscrição de Portugal do programa PRODEX/ESA foi um passo essencial no estímulo deste tipo de parcerias**, que deverá ser continuado e expandido de acordo com a capacidade financeira do país e de acordo com a resposta que as comunidades científicas e industriais foram dando à sua implementação. Uma actividade essencial seria **a criação de um programa similar para o ESO que permitisse o financiamento da instrumentação para o ELT**. A capacidade instalada já confirmou a capacidade de recorrer a este mecanismo de forma vantajosa, justificando um aumento progressivo da subscrição nacional deste programa. Mas um dos desafios para as próximas décadas é efetivamente a de encontrar novas abordagens capazes de criar sinergias entre estes dois campos, assegurando um impacto positivo nos dois lados da parceria. Enquanto investigação fundamental, as Ciências do Universo não devem ser financiadas pela indústria, mas podem beneficiar da criação de oportunidades de financiamento complementar ao se estabelecer uma interação efetiva.

Os objetivos para o futuro das Ciências do Universo em Portugal, a médio prazo, passam necessariamente por consolidar as equipas existentes a trabalhar em áreas de grande impacto e com competências reconhecidas internacionalmente. Tal deve incluir o esforço de manter, e reforçar onde seja necessário, a capacidade para participar em grandes projetos internacionais, nomeadamente instrumentação para o ELT e missões espaciais do programa científico da ESA. Manter a liderança onde já existe, passa ainda por não perder a capacidade para recrutar novos recursos humanos de alta qualidade e de manter a forte internacionalização das equipas existentes. Os temas anteriormente referidos não incluem todas as áreas emergentes, ou aquelas que podem vir a ser emergentes no futuro. Idealmente, o país deve ter a capacidade de alocar, em cada momento, recursos para algumas das áreas emergentes, que se revelem promissoras a nível internacional e que podem ser iniciadas a partir de competências existentes. Daí ser crítico para a viabilidade a longo prazo manter uma capacidade de intervenção num conjunto alargado de tópicos e metodologias, evitando o risco de concentrar os recursos existentes num subconjunto muito limitado de áreas. Mas esta abordagem não pode impedir que em cada momento não sejam alocados recursos significativos nas equipas que conseguem atingir níveis de excelência acima da média internacional. **Consequentemente o desafio é disponibilizar meios para que as equipas mais bem posicionadas e com uma estratégia de longo prazo a funcionar possam existir e consolidar-se. Mas tal terá de ser feito sem reduzir a dinâmica e a capacidade da comunidade, como um todo, de se ajustar a novos desafios e a novas agendas internacionais que venham a ser definidas em função de novas descobertas e infraestruturas que apareçam.**

Um dos aspectos que é crítico para o ponto anterior é a existência de institutos de I&D que tenham dimensão e recursos para implementar estratégias de longo prazo, assumindo compromissos e planos de desenvolvimento de décadas, mas com recursos suficientes para se poderem adaptar. Tal requer que a rede de equipas de investigação nas Ciências do Espaço deve ser estruturada de forma flexível mas eficiente, sendo capaz de se organizar em torno de estratégias alinhadas com as agendas internacionais e capazes de trabalhar em redes nacionais, quando existir a necessidade de ter equipas com dimensão suficiente e recursos adequados. **Deve-se evitar a fragmentação em várias equipas pequenas e subdimensionadas, que são incapazes de se integrar uma estratégia nacional.**

Os desafios anteriores que a comunidade científica assumirá, certamente, com competência e entusiasmo, colocam todavia um desafio institucional que apenas a FCT poderá assumir. Com efeito, todos os processos de desenvolvimento de instrumentos (ou mesmo de subsistemas relevantes de instrumentos que gerem retorno científico em termos de noites de observação e consequente publicações científicas) são processos longos (a concepção e construção do GRAVITY iniciou-se em 2007 e apenas se concluiu em 2017, o ESPRESSO iniciou-se em 2008 e apenas se concluiu em 2018!), com um envelope financeiro significativo, passam por filtros de avaliação estratégica, científica, tecnológica e de credibilidade de uma complexidade e exigência não habituais, por uma enorme variedade de instâncias, organizações e peritos. **A sua divisão em projetos (bi)trienais**, não necessariamente contínuos, porventura com interrupções (derivados de avaliações incongruentes ou por dificuldades de gestão contínua dos programas de financiamento) inviabiliza iniciativas de longo prazo, descredibiliza as instituições nacionais (em caso de interrupção de financiamento ou de atrasos na decisão) e **transforma as equipas nacionais em equipas de alto risco**, pouco credíveis - certamente na participação e inevitavelmente na coordenação – reservando-lhes pacotes de trabalho menos ambiciosos e com menor visibilidade e retorno científico. Sem prejuízo de um acompanhamento regular e normal de projectos longos, a FCT deveria procurar constituir projectos com características adequadas ao efectivo enquadramento nos desafios instrumentais postos pela ESA e pelo ESO, assumindo como válidas as inúmeras avaliações internacionais promovidas por estas organizações, não sujeitando as equipas nacionais à repetição trienal de processos de candidatura e de avaliação (que nenhum sentido têm para períodos de 2 ou de 3 anos) e que têm de ser desenhados de acordo com o ciclo de desenvolvimento dos sistemas em causa. **A superação deste desafio é da maior importância para Portugal, e apenas a FCT poderá desenhar e implementar a respectiva solução, tanto nos aspectos organizacionais como financeiros.** Sem que tal aconteça, não é de esperar que a comunidade científica se auto-organize de forma a assumir, responsabilmente, os desafios de consolidação de massas críticas e de se dotar dos melhores cientistas e engenheiros em todos os domínios necessários para o desenvolvimento, integração e teste de instrumentos científicos para o Espaço.

As Ciências do Universo têm ainda um objetivo central que tem estado sempre presente no seu desenvolvimento em Portugal, a divulgação científica e a comunicação para um reforço da literacia científica do cidadão. Este objetivo foi traduzido através da construção de equipas multidisciplinares de comunicação de Ciências associadas a institutos de I&D na área das Ciências do Universo. Tal traduz-se da gestão de equipamentos centrais de divulgação com os Planetários e a oferta diversificada de atividades de apoio ao ensino e à popularização de ciência. O desafio nesta componente passa por manter e reforçar este papel exemplar que as Ciências do Universo foram capazes de assumir com compromisso e dedicação (tendo estado na base da criação do primeiro centro de Ciência Viva, pelo

Ministro Mariano Gago em 1997). Este compromisso de longa data para com o público vai de encontro a uma insaciável procura de conhecimento sobre o Universo do público em geral, e do público escolar em particular. De lembrar que uma fração significativa das notícias sobre ciência que aparecem nos meios de comunicação nacionais é sobre descobertas e atividades nas Ciências do Universo, muitas das vezes referindo a participação nacional no esforço que levou a tais descobertas.

4.1.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

Nesta seção detalha-se um pouco o trabalho iniciado na Seção 2.1. É, no entanto, importante referir que é impossível num par de páginas identificar os principais desenvolvimentos científicos na última década. Por outro lado, dúvidas podem existir sobre como classificar ou extrair da produção científica os desenvolvimentos mais importantes. Nesse sentido optou-se por seguir várias abordagens que nos permitem identificar de modo complementar esses desenvolvimentos.

A primeira abordagem consiste num estudo bibliográfico. Usando o *ISI web of science* e a áreas de astronomia & astrofísica, podem ser identificados os artigos com maior número de citações. Este estudo pode ser completado pelas 10 maiores descobertas do ESO. A lista não exaustiva consiste em:

- a. A confirmação pelo satélite da ESA *Planck*, da *Wilkinson microwave anisotropy probe*, do 6dF *Galaxy Survey* do modelo standard cosmológico (*Lambda-Cold Dark Matter*) com uma precisão inaudita;
- b. Teorias de matéria e energia escura, suas aplicações à gravidade e cosmologia;
- c. A observação total do céu pelo *Sloan Digital Sky survey* no comprimento de onda ótico, as observações do telescópio espacial *Wide-Field Infrared Survey Explorer* no infravermelho térmico, do telescópio espacial *Herschel Space Observatory* no infravermelho longínquo, do telescópio *XMM* nos raios-X, de fontes de altíssima energia (100 MeV a 100 GeV) pelos satélites *Fermi* e de raios gama pelo satélite *Swift*;
- d. Evolução da formação estelar nas galáxias desde a formação das primeiras galáxias aos tempos presentes. Estudo da formação estelar de estrelas massivas na nossa galáxia;
- e. Estudo do buraco negro supermassivo no centro da Via Láctea por via de órbitas de estrelas na sua vizinhança pelo ESO e *Keck*, de emissão variável em vários comprimentos de onda e da deteção de aniquilação de matéria escura pelo *Fermi*;
- f. Modelos de buracos negros, sua coalescência e efeitos de nova física. Modelização de acreção e jatos de discos em buracos negros. Modelos de objetos exóticos (e.g. *magnetars*) e equações de estado para estrelas de neutrões;
- g. Deteção de ondas gravitacionais provenientes da coalescência de buracos negros e/ou estrelas de neutrões pelo *LIGO* e posterior deteção da emissão eletromagnética, incluindo telescópios do ESO;
- h. Modelos e observações de alta precisão de estrutura e evolução estelar, incluindo raios e massas, assim como do estudo da multiplicidade estelar, sua metalicidade e implicações na existência de sistemas planetários;

- i. A revisão da composição química do Sol, e em particular da abundância dos elementos C, N, O e Ne. Modelização dos fenómenos magnéticos do Sol, incluindo armazenamento e libertação de energia magnética na heliosfera e geo-espaço, incluindo efeitos de irradiação;
- j. Demonstração de ubiquidade de sistemas planetários, incluindo planetas terrestres e sistemas planetários com vários planetas terrestres e de um planeta na zona habitável na estrela mais próxima da terra pelo ESO. Estes resultados tiveram uma contribuição fundamental do ESO, além das missões espaciais específicas para a procura de planetas;
- k. Estudos discos circum-estelares em estrelas pré-sequência principal, observação da sua evolução química, térmica e de coagulação de material. Imagens dos locais de formação de planetas pelo ALMA. Detecção de acreção em planetas em formação;
- l. Detecção de moléculas orgânicas complexas no meio interestelar;
- m. Desenvolvimento em modelos de análise de dados como *Markov chain Monte Carlo*, de inferência Bayesiana como "*Multimodal nested sampling*", assim como pacotes gerais como o *astropy*.

Um estudo semelhante ao anterior pode ser realizado para **artigos com co-autoria de investigadores portugueses na última década**. Destacam-se assim (pelo elevadíssimo número de citações que em muitos casos ultrapassam os milhares):

- a. *A observação total do céu pelo Sloan Digital Sky survey*, pelos satélites Gaia e Planck;
- b. Estudos de matéria escura com a experiência XENON100 e de neutrinos de altas energias com o observatório Pierre Auger;
- c. Física dos buracos negros e testes da teoria da relatividade com observações astrofísicas, nova física da gravidade;
- d. *Surveys* da galáxia pelo satélite Herschel e telescópio ESO/Vista;
- e. Asterosismologia com os telescópios CoRoT e Kepler;
- f. Detecção e caracterização (incluindo da estrutura interna e atmosfera) de sistemas de planetas extra-solares com o espectrógrafo HARPS do ESO e o telescópio Kepler (NASA), entre outros, assim como do estudo das propriedades das estrelas mãe;
- g. Teoria de plasmas em choques relativistas.

Paralelamente as equipas portuguesas envolveram-se em grandes consórcios para instrumentos em infraestruturas no solo e no espaço. **Envolvimento, em vários casos ao nível de co-liderança, abarcando todas as fases de desenvolvimento dos projetos: definição científica e técnica, desenho, construção (com envolvimento académico e industrial), integração e exploração científica, em particular no contexto de ESO e ESA**. Alguns exemplos principais são:

- Instrumentos ESO: Câmara CAMCAO para o demonstrador de ótica adaptativa MAD do ESO (completado); instrumento interferométrico GRAVITY para o VLTI (em utilização); espectrógrafo para deteção e caracterização de exoplanetas ESPRESSO (em utilização), espectrógrafo de infravermelho próximo para deteção e caracterização de exoplanetas NIRPS (em desenvolvimento) e

MOONs (também em desenvolvimento); Instrumentos METIS e HIRES (em desenvolvimento) para o ELT;

- Missões ESA: satélites Gaia (em utilização), Euclid, PLATO e CHEOPS (em desenvolvimento);
- Observatório Pierre Auger, SNO (*Sudbury Neutrino Observatory*), AMS (*Alpha Magnetic Spectrometer*) e experiências LUX e XENON.

Com o objetivo de aumentar a capacidade nacional no uso do ALMA, Portugal integra a Portuguese ALMA Centre of Expertise, parte do Centro Regional do ALMA gerido pelo ESO.

Ao nível da captação de fundos europeus, Portugal teve uma ERC starting grant em planetas extrasolares, uma ERC starting grant e uma consolidator grant em buracos negros, sua coalescência e ondas gravitacionais, duas ERC advanced grants sobre aceleração de partículas em campos intensos relevantes em ondas de choque astrofísicas (e de laboratório) e em objetos compactos com campos ultra intensos. Portugal participa ou participou também em grandes consórcios europeus de infraestruturas como o OPTICON (óptico-infravermelho) e Radionet (radio). Tem assegurado uma participação em redes de treino doutoral e atracção de investigadores Marie Skłodowska Curie. Portugal lidera uma ação COST e um projeto RISE sobre física de buracos negros e ondas gravitacionais.

Naturalmente que os resultados anteriores têm lugar nas temáticas anteriormente identificadas detendo massa crítica.

Como foi referido na Secção 4.1.1 é importante que uma agenda não seja estanque, permitindo por um lado a consolidação de áreas com massa crítica e a emergência de novas áreas.

4.1.3 As questões chave para uma agenda de investigação

Uma agenda de investigação nacional, numa área necessariamente internacional devido às infraestruturas em que se suporta, deve considerar duas componentes:

- capacidade instalada em áreas atuais cuja visibilidade internacional existe e é potenciadora de criar as condições para uma contribuição nacional de elevado valor científico e impacto;
- planos da comunidade internacional para as Ciências do Universo e sua implementação prática através de projetos e programas planeados sustentadas em novas infraestruturas planeadas e em construção.

Portugal deve assim combinar aquilo que tem com aquilo que internacionalmente vai ser feito para estabelecer uma agenda de investigação para a próxima década que seja viável, oportuna e capaz de sustentar a elevada produtividade e impacto da investigação que é feita. Mas como qualquer agenda de investigação de ciências fundamentais **é importante não perder diversidade e capacidade de adaptação**. As Ciências do Universo não devem por isso ser limitadas a um conjunto pequeno de áreas a desenvolver, correndo o risco de condicionar o desenvolvimento a longo prazo e simultaneamente destruir a posição de vantagem construída. Isto é, é importante manter um leque alargado de especialistas e acesso a infraestruturas que sejam de relevância global e não apenas dedicadas a um tópico ou método específico. Um exemplo da importância desta capacidade de adaptação é o recente

aparecimento da área das ondas gravitacionais onde vemos um tópico específico que era limitado à gravitação teórica, que com a evidência experimental converte-se para uma das metodologias em grande expansão devido à possibilidade que tem de elevado impacto em várias áreas das Ciências do Universo. Mas esta capacidade de adaptação deve co-existir com um esforço de não dispersar demasiado os recursos de forma a não se comprometer áreas em que já existe massa crítica.

Em termos da capacidade instalada em **Portugal**, foi discutido no capítulo 4.1.2 algumas das **áreas** (segundo a organização do painel das Ciências do Universo do ERC) **com capacidade instalada e capazes de sustentar um desenvolvimento a longo prazo**. Estas são:

- **Sistemas planetários (exoplanetas):** equipa com grande dimensão, com elevada produtividade científica, com forte visibilidade internacional e elevado impacto, participação nos grandes projetos internacionais da área, forte componente de formação de novos investigadores e capacidade de atração de investigadores externos;
- **Estrelas e sistemas estelares:** recursos humanos estabilizados, sendo uma equipa diversificada cobrindo várias das áreas relacionadas com estrelas, envolvimento em alguns dos grandes projectos internacionais, longa tradição na formação de novos investigadores;
- **Formação e evolução de galáxias:** equipa de dimensão média, participação em projetos chave, impacto científico elevado;
- **Astrofísica de altas energias e astro-partículas (incluindo aspectos comuns com “Matéria escura e energia escura”):** astro-partículas tem equipa de grande dimensão e recursos humanos estabilizados, com ligações internacionais relevantes, participação em projetos internacionais, produtividade elevada; em plasmas astrofísicos existe uma equipa pequena, com reconhecimento internacional, ligada também à computação de elevado desempenho na Europa, integrada em esforço global em física de plasmas;
- **Astrofísica relativista e Astronomia gravitacional (incluindo ondas gravitacionais):** recursos humanos estabilizados, equipa diversificada, muito elevada visibilidade internacional, forte componente de formação de jovens investigadores, ligada a uma forte tradição de investigação em gravitação e cosmologia em Portugal;
- **Cosmologia (incluindo aspectos comuns com “Matéria escura e energia escura”):** equipa de elevada dimensão, grande capacidade de atração de jovens investigadores, participação regular em projetos internacionais, elevada produtividade e impacto científico.

Estas são as áreas onde já existe envolvimento significativo em programas ESO e ESA, nomeadamente:

- ESA: JUICE (L1); ATHENA (L2); LISA (L3), Euclid (M2), Plato (M3), CHEOPS (S1), Gaia.
- ESO: VLT com ESPRESSO, GRAVITY, MOONS; ESO 3.6-m com NIRPS; ELT com HIRES, METIS, MOSAIC.
- Astro-Partículas: AugerPrime, SNO+, LUX-ZEPLIN, etc.

Todas estas áreas podem beneficiar pela disponibilidade de infraestruturas tipo observatório. É certamente o caso de quase todos os instrumentos/telescópios do ESO, incluindo o ALMA, e a maioria das missões do programa científico da ESA, bem como o SKA em radioastronomia. Mas é importante

referir que as áreas listadas apenas serão capazes de manter a sua dinâmica atual, e reforçá-la, se for mantida uma estratégia de reforço e continuidade no apoio às equipas que já conseguiram atingir um nível internacional de excelência. Para que as Ciências do Universo mantenham a sua liderança, enquanto área de mais elevado impacto científico em Portugal, não podemos correr o risco de desestabilizar o que de melhor se faz nem pôr em causa a capacidade destas equipas atraírem investigadores e estudantes internacionais de elevada qualidade.

Por outro lado, é também importante lembrar que existem áreas muito importantes, com relevância social, mas ainda sem massa crítica, mas que podem ser desenvolvidas no futuro. Uma destas é a área de **clima espacial** (space weather). Com o lançamento do Solar Orbiter (ESA M1) a próxima década verá uma expansão importante desta componente de estudo do sistema solar, à semelhança do que aconteceu no passado com o SOHO (ESA & NASA). A Meteorologia Espacial é uma área com enorme potencial para a transferência de conhecimento para actividades sociais e económicas. Portugal acolhe investigadores de diversas áreas científicas, desde a Física Solar, de Atividade Estelar e de Física de Plasmas, até à Geofísica e Geomagnetismo, que serão certamente um embrião fundamental para reforçar a componente de Meteorologia Espacial através de um esforço sustentado de desenvolvimento e consolidação desta componente. Outra área emergente em Portugal, de elevado potencial a nível internacional é a **Astrobiologia**. Esta é uma área interdisciplinar que acolhe investigadores da Física à Biologia de elevada qualidade, expandido a base das Ciências do Universo (Física/Engenharia). Existem várias missões a decorrer com uma ativa participação Portuguesa (e.g. OREOcube, EXOcube na ISS e Hayabusa2 da JAXA). Com o lançamento das futuras missões JUICE e do Rover ExoMars da ESA há um grande foco na procura de vida extraterrestre e na Astrobiologia, reforçando uma estratégia de médio prazo para esta área.

No caso da área de **Astronomia gravitacional**, é importante que Portugal possa reforçar a sua capacidade de intervenção, aproveitando programas como a missão LISA da ESA como foco de longo prazo para esta área. Nesse sentido Portugal deve ser um participante ativo na construção e desenvolvimento do satélite LISA da ESA. Esta será uma missão única no mundo para detectar ondas gravitacionais, resultantes da colisão de buracos negros supergigantes e será assim fundamental no entendimento do universo primordial bem como o universo próximo. A definição de uma rede nacional, que integra a comunidade científica das Ciências do Universo, mas também a comunidade científica da tecnologia e a indústria é essencial para que uma contribuição nacional para esta missão L seja relevante e possa ter um retorno compatível com o investimento que pressupõe.

Portugal tem vindo a desenvolver uma estratégia de longo prazo no tema dos **exoplanetas e caracterização de estrelas**. Essa estratégia permitiu estabelecer equipas com dimensão capaz de ter visibilidade internacional e com capacidade de obter recursos para suportar um plano a longo prazo, com base na participação efetiva em instrumentos ESO e missões ESA relacionadas com estes temas. Este é um dos exemplos em que é possível constatar que uma estratégia coerente e suportada institucionalmente ao longo de duas décadas permitiu atingir um ponto de elevada produtividade científica e ligações efetivas às tecnologias e à indústria, enquadradas em instrumentos ESO e missões ESA em funcionamento ou em construção. Este sucesso foi complementado com uma forte capacidade de atração de jovens investigadores (estudantes de doutoramento e postdocs), sendo uma fração significativa de estrangeiros. A rede de colaborações envolvido neste esforço é uma mais valia a longo

prazo para as equipas envolvidas, permitindo ter os recursos para planear o futuro. É importante que as diferentes áreas chave numa estratégia nacional para as Ciências do Universo possam usar este exemplo para se tornarem uma comunidade organizada em torno de um leque relevante de tópicos, mas com capacidade de intervir ao mais alto nível com sucesso.

4.1.4 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

O desenvolvimento futuro das Ciências do Universo assenta fundamentalmente na manutenção de capacidade a médio e longo prazo (10+ anos). Esta escala de tempo é ditada pelo tempo de desenvolvimento dos instrumentos e infraestruturas que permitem novas descobertas.

Por capacidade entende-se: a) cientistas permanentes com capacidade de liderar equipas de nível internacional; b) post-docs e estudantes de doutoramento que permitem a execução do grosso das tarefas de investigação; c) engenheiros que permitem o desenvolvimento de instrumentação, computação e demais atividades de suporte à investigação; d) pessoal administrativo de suporte a execução de projetos e atividades correntes das unidades de investigação; e) infraestruturas locais de instrumentação e computação; f) existência de uma tipologia específica (formato e financiamento) de programas de I&D compatíveis com as formas de avaliação e com a duração dos ciclos de desenvolvimento de instrumentação na ESA e no ESO, e que admita ainda subcontratação expedita à indústria para actividades específicas de fabrico de componentes ou de partes (ópticas, mecânicas, electrónicas, software). De notar que existem já vários casos de subcontratação/colaboração com a indústria portuguesa em que ambas as partes viram recompensadas as sinergias desenvolvidas. É importante sublinhar que só com excelência em todos os níveis de recursos humanos acima definidos é possível ser competitivo na corrida internacional do conhecimento que é também uma competição internacional por talento.

Um constrangimento essencial no sistema nacional é a do sistema universitário proporcionar a garantia da uma imensa maioria das posições permanentes, mantendo as unidades os restantes recursos humanos necessários à investigação. Dado a enorme incerteza e variabilidade do financiamento alocado às unidades, quer diretamente quer por via de projetos, estas são incapazes na sua imensa maioria de criar posições permanentes e de atrair investigadores de alto nível a médio prazo. Urge, pois, identificar mecanismos que tornem o país atrativo a médio prazo para investigadores de qualidade. Nesse contexto é importante garantir que Portugal consegue atrair os melhores investigadores/pós-doutorados e estudantes de doutoramento vindos do estrangeiro, evitando para isso a criação de barreiras à sua contratação ou candidatura a bolsas/contratos.

Paralelamente, **a capacidade só é mantida mediante processos de financiamento estáveis, previsíveis e transparentes**. Ora na última década observou-se a uma enorme instabilidade no financiamento tornando por um lado impossível uma participação credível em vários consórcios internacionais como aumentando o abandono e/ou o êxodo para o exterior de investigadores de qualidade. Como os projetos, ligados às grandes infraestruturas usadas, têm períodos de definição, construção e exploração científica da ordem de 10+ anos, é crítico haver processos de financiamento a longo prazo ou encontrar processos que sejam previsíveis a médio prazo para que a capacidade científica não seja travada pela impossibilidade material de planear a mais do que três a cinco anos. **A estabilidade, previsibilidade e transparência do sistema interno de suporte financeiro e estrutural à investigação nas Ciências do**

Universo são aspetos especialmente críticos de sustentabilidade de estratégias de desenvolvimento e requisito obrigatório para o sucesso científico do esforço que a cada momento é feito. É também importante procurar mecanismos e processos administrativos adequados e simples, que não sejam uma barreira à execução efectiva e atempada dos recursos financeiros disponíveis.

No caso das missões ESA e instrumentos ESO é recomendada a criação de linhas de financiamento próprias adaptadas às necessidades particulares de longo prazo destes projetos e que salvaguardam por outro lado a realização de projetos de investigação da restante comunidade não envolvida diretamente nestes. Observa-se também uma crescente politização da ciência, no sentido semelhante ao que tem acontecido com o ensino. Esta politização é um risco para o sistema de investigação, com a implementação de reformas e contra-reformas ao sabor do ciclo político. **É por isso fundamental a criação de agendas de investigação envolvendo as forças perenes do sistema científico - as unidades de investigação e as universidades - que estabeleçam consensos na priorização das várias áreas.** Neste contexto, o atual exercício das agendas de investigação é um primeiro passo na boa direção. Mantém-se, no entanto, a fraca capacidade de as universidades planearem cientificamente o futuro, em contraste com as unidades. A existência de uma agência nacional capaz de implementar políticas científicas de longo prazo através de programas de financiamento plurianuais, pode ser um motor essencial para que uma agenda a médio prazo seja efetivamente implementada pelo sistema científico. Dada a dimensão do País a agência deveria albergar actividades ligadas à ESA, mas também ao ESO e outros projectos relevantes de Big Science, assim como colaborações com outras organizações relevantes para o espaço, racionalizando recursos e explorando sinergias.

Outro **ponto importante na capacitação de recursos humanos é assegurar um fluxo constante de jovens investigadores para o sistema.** Para tal é fundamental assegurar que as Ciências do Universo estão presentes no ensino das ciências físicas no ensino básico, secundário e universitário. Tal passa pela oferta obrigatória das unidades curriculares desta área na formação científica de físicos, químicos, geólogos, matemáticos e engenheiros. É ainda crítico integrar as Ciências do Universo com formação obrigatória na formação profissionalizante dos professores de Físico-química e Biologia-Geologia. Por outro lado, é fundamental consolidar a implementação de formação de Mestrado e Doutoramento nesta área e assegurar que está presente na formação de nível de Licenciatura (pelo menos como “minor”).

O número de doutorados em Ciências do Universo em Portugal, apesar de importante, ainda é sub-crítico dado que a maioria dos permanentes está absorvido em tarefas universitárias outras que a investigação e dada a notória falta de recursos humanos de apoio às tarefas de investigação (engenheiros e técnicos). Estimular a contratação de docentes universitários com perfil de Ciências do Universo em todos os departamentos de ciências físicas das universidades públicas permite o reforço da investigação e formação nesta área a médio e longo prazo.

O sistema de investigação-universitário necessita de um elevado número de doutorandos para manter a capacidade e produtividade científica a médio e longo prazo, mas não pode absorver todos os doutorados que produz. Assim, **é fundamental estabelecer parcerias com empresas tendo em vista a integração profissional destes recursos humanos altamente especializados que podem ter um impacto significativo na competitividade da indústria nacional.** A parceria com empresas é ainda fundamental para um aumento da capacidade de ação das unidades de investigação, quer em atividades de

instrumentação em grandes projetos (via empresas de engenharia) quer em atividades de cultura científica e divulgação (via empresas das indústrias criativas). A criação de mecanismos sustentáveis que potenciem esta colaboração deve ser explorada.

A participação de Portugal no programa PRODEX da ESA é um desses mecanismos, que poderá por exemplo alavancar a participação nacional em missões como o CHEOPS, Euclid, LISA ou PLATO. Falta, no entanto, um programa semelhante para a próxima grande infraestrutura, o Extremely Large Telescope - ELT, em construção pelo ESO. Este programa, que poderá ser intersectorial e assente em financiamento do Portugal 2020, é fundamental para assegurar o retorno científico da participação de Portugal no ESO e ESA (via sinergias de uso de telescópios) na próxima década. Ao envolver as áreas das tecnologias e as empresas no âmbito de missões científicas deste programa objetivamente capacita e aumenta a importância da comunidade científica nacional nestes consórcios. Por outro lado, aumenta as opções à participação no espaço pelas comunidades tecnológica e das empresas.

De referir ainda que a enorme **visibilidade e apetência do grande público para as Ciências do Universo** providenciam um potencial comunicacional que pode e deve ser aproveitado, de forma sinérgica, com as outras áreas da ciência e da tecnologia, com vantagens evidentes para todos os envolvidos.

4.2 Tecnologias para o Espaço



Fonte:ESA/Euclid

Esta secção é dedicada ao desenvolvimento de Tecnologias para o Espaço pelas instituições de Investigação e Desenvolvimento nacionais enquadradas em Universidades e/ou em Unidades de Investigação, não constando nela as atividades desenvolvidas pela indústria nacional.

4.2.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Portugal deve ter a capacidade de capitalizar o investimento que tem vindo a ser feito em projetos de I&D&I nas áreas tecnológicas da dinâmica espacial, materiais e estruturas avançadas, controlo e robótica, telecomunicações, sensores e meios de ensaio, e processamento de dados, usando o conhecimento adquirido nesses projetos em novas aplicações a veículos e sistemas espaciais.

O pedido de extensão da plataforma continental portuguesa, caso seja viabilizado pelas Nações Unidas, pode ter um impacto crucial, ainda que os desafios e objetivos futuros não estejam limitados ao sucesso

desse pedido. Portugal passará a ter direitos e responsabilidades sobre uma vasta área do Atlântico, com cerca de quatro mil milhões de quilómetros quadrados, cuja monitorização requer medições em larga escala, tanto temporal como espacial, daí resultando também a comunicação e necessidade de processamento de um volume substancial de dados, que só serão possíveis, assumindo razoabilidade dos recursos utilizáveis, recorrendo a uma rede integrada de veículos marinhos e aéreos autónomos, bem como de constelações de pequenos satélites.

Grande parte da extensão da plataforma continental portuguesa está relacionada com o arquipélago dos Açores, cuja posição geográfica e estratégica única no meio do Atlântico Norte entre a Europa e América tem outras virtudes. Os Açores são o melhor local para uma base de pequenos lançadores em território da União Europeia, e essa potencialidade e oportunidade de desenvolvimento de uma região periférica deve ser concretizada pela aplicação de recursos nacionais num contexto regional.

Apesar de não ser uma área consolidada em Portugal, o setor dos lançadores assim como o dos satélites, envolve uma grande variedade de tecnologias, associadas a uma multiplicidade de áreas científicas e diversidade de oportunidades para participação industrial. Muitas das exigências e especificações estão orientadas aos componentes/sistemas do lançador ou satélite que tem que resistir o atravessar ou entrar na atmosfera, o meio espacial e as cargas de voo. Esta capacidade de visão integrada da trajetória do lançador ou órbita de satélite pode continuar a ser desenvolvida na indústria em Portugal e apoiada pelo sector académico.

A colaboração entre a academia e a indústria revela-se particularmente importante na área do Espaço. Um bom exemplo é a atividade de desenvolvimento de detetores de radiação e partículas no espaço e instrumentação associada, estabelecida em colaboração com a indústria e demonstrada com o desenvolvimento e exploração da plataforma AlphaSAT *Environment and Effects Facility* a operar no satélite AlphaSAT da ESA desde 2013. Esta é uma plataforma de demonstração que permitiu adquirir experiência para o desenvolvimento dos detetores de radiação para medição de espectros de partículas carregadas instalados a bordo das Missões Bepi-Colombo a Mercúrio e JUICE a Júpiter que fornecerão dados únicos num futuro próximo.

A nível da instrumentação, a excelência demonstrada nos instrumentos na ESA: LISA, Euclid (em construção), PLATO (em construção), CHEOPS, Gaia; no ESO: CAMCAO, ESPRESSO, e GRAVITY, MOONS (em construção para o VLT) e HIRES e METIS (em construção para o ELT) traduz uma efetiva capacidade de projeto e de implementação de sistemas de observação no regime óptico e infravermelho do espectro, envolvendo toda uma gama de abordagens científicas baseadas na luz, mas dependentes dos níveis de desempenho dos sistemas mecânicos, eletrónicos, de controlo, de metrologia e de teste.

A capacidade de tratamento dados é cada vez mais importante à medida que se acumulam dados de missões e instrumentos diversos, quer sejam dados científicos, dados orbitais e de *housekeeping* indispensáveis ao controlo de satélites e missões, ou na integração e utilização pela comunidade de dados de “observação da terra”. Aumentar a capacidade instalada para dar resposta às necessidades de processamento, integração e interpretação destes dados é um claro desafio para o presente e para os próximos anos.

Na área do desenvolvimento de tecnologias para o espaço, as equipas científicas têm vindo a ser capazes de promover o envolvimento da indústria portuguesa, através de contratos entre empresas e os seus institutos de investigação e/ou consórcios coordenadores dos projetos. Esta capacidade é real, e não pode deixar de ser consolidada e alavancada no futuro, através de todo um contexto de ação e de apoios institucionais eficazes que permite que os cientistas e engenheiros se ocupem essencialmente de ciência, de engenharia, da aceitação de desafios e da resolução de problemas.

Os desafios e objetivos para Portugal neste setor das Tecnologias para o Espaço até 2030 são:

- Participar com desenvolvimentos tecnológicos e com tecnologia nacional nas missões científicas da ESA e no ESO, de preferência integrando também as equipas científicas das missões desenvolvendo capacidades de desenvolvimento, integração, utilização e interpretação científica dos dados;
- Potenciar as áreas emergentes, como o desenvolvimento de sistemas de micro e nano satélites, em constelações, que serão relevantes para missões de observação da terra e, no caso de Portugal, especialmente relevante para aplicações marítimas;
- Promover uma utilização das infraestruturas de testes existentes em Portugal, potenciando a sua utilização para novos desenvolvimentos tecnológicos e perante a comunidade científica internacional;
- Apostar na colaboração entre Universidades e Unidades de Investigação e a indústria nacional, reforçando o setor português do desenvolvimento de tecnologias para o espaço em setores chave onde exista capacidade instalada, e tornando-o mais competitivo internacionalmente.

4.2.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

O setor das Tecnologias para o Espaço em Portugal tem sido desenvolvido no âmbito de contratos com a Agência Espacial Europeia, por exemplo na preparação de missões científicas como a PLATO, EUCLIDES e a JUICE, na análise de dados de missões e instrumentos e plataformas, como é o caso de GAIA, e no âmbito da participação no ESO, em que existe uma vasta experiência na área da instrumentação. Para além da participação em missões científicas a área das tecnologias para o espaço tem vasta aplicação ao setor dos satélites, tanto na área das telecomunicações, como da observação da terra e da navegação. Da existência de um leque de entidades com atividades consolidadas neste setor em colaboração com a indústria nacional resultou o projeto INFANTE, uma iniciativa no âmbito do programa mobilizador para o Espaço para o desenvolvimento e demonstração em órbita de um microssatélite, como precursor de constelações para aplicações marítimas.

Expõe-se de forma harmonizada e de acordo com critérios de referência o trabalho desenvolvido nos últimos 10 anos pela comunidade que se dedica às Tecnologias e aplicações para o Espaço em Portugal. Foi utilizada a “ESA Technology Tree” para classificar as actividades desenvolvidas e consolidadas.

Onboard Data Systems, Space System Software e Space System Control

- Processamento dos dados de observação remota adquiridos por instrumentos a bordo de satélites;
- Desenvolvimento de algoritmos de processamento para processamento local (online) e offline;

- Desenvolvimento de algoritmos para estimação e controlo de atitude de satélites usando diferentes tipos de sensores e atuadores;
- Desenvolvimento de algoritmos para a localização colaborativa em redes de agentes estáticos ou móveis (constelações);
- Técnicas de inteligência computacional para aplicação em Sistemas de Apoio à Decisão (*Decision Support Systems - DSS*), incluindo Tomada de Decisão Multicritério Difusa; sistemas de inferência; fusão de dados; análise/aprendizagem visual; processamento e reconhecimento de imagem;
- Desenvolvimento de sistemas de processamento de dados *Copernicus* utilizando técnicas de normalização e fusão de dados.

Spacecraft Environment and Effects e EEE Components and Quality

- Tecnologias e instrumentação para medição do ambiente de radiação;
- Modelização do ambiente de radiação no espaço interplanetário, em órbita e em superfícies planetárias;
- Desenvolvimento de ferramentas de análise dos efeitos da radiação em componentes e sistemas;
- Teste, caracterização e *Radiation Hardness Assurance* em componentes EEE;
- Processamento, análise e interpretação de dados de detetores de radiação e partículas (*SpaceWeather*).

Automation, Telepresence & Robotics

- Metodologias de condução, navegação e controlo (GNC) de *rovers*, satélites, veículos e sistemas espaciais;
- Desenvolvimento de robôs assistentes de astronautas para a estação espacial internacional (ISS);
- Manipulação e seguimento de objetos por manipuladores móveis para recolha de lixo espacial ou captura, manipulação de satélites para sua manutenção, e construção de grandes estruturas em órbita;
- Controlo de formações de satélites e robôs planetários;
- Sistemas operativos para controlo de robôs em tempo real.

RF Systems, Payloads and Technologies

- Desenvolvimento de soluções de rádio comunicações, incluindo GaN (nitreto de gálio) e agregados de antenas (*active antenna arrays*);
- Tecnologia de eletrónica e telecomunicações para aplicações espaciais;
- Emissores e recetores para aplicações espaciais;
- Antenas para o segmento de Terra e para o segmento de espaço, com ênfase nas ondas milimétricas e agregados de antenas de elevado ganho;
- Eletrónica para o Espaço, nomeadamente tecnologias baseadas em Nitreto de Gálio (GaN);
- Aspectos tecnológicos para rádio telescópios, *Square Kilometer Array – SKA*;

- Caracterização do canal de propagação especialmente em ondas milimétricas;
- Processamento de sinais para detecção remota;
- Processamento de sinais para radionavegação (sensores e GNSS);
- Subsistemas para segmento de Terra de satélites de telecomunicações (e.g. monitorização e controlo);
- Pequenos satélites como repetidores de comunicações em missões de exploração espacial.

Flight Dynamics and GNSS

- Dinâmica e controle de atitudes orbitais;
- Estudo de anomalias nas trajetórias de missões no sistema solar (*Pioneer anomaly* e *flyby anomalies*).

Optics

- Desenvolvimento de instrumentos e sistemas ópticos e processamento de dados;
- Desenvolvimento de simuladores instrumentais e de pipelines de dados,
- Optical Ground Support Equipment (OGSE),
- Instrumentação óptica e lasers
- Metrologia óptica espacial

Optoelectronics

- Desenvolvimento de sensores ópticos em óptica guiada (planares, fibra), incluindo desenvolvimento de cabeças sensoras e técnicas de interrogação.
- Fabricação por escrita direta a laser de dispositivos ópticos;
- Imagiologia ótica, sistemas lidar, *compressive imaging*.

Aerothermodynamics

- Design de veículos de exploração planetária (código CFD e radiação em hipersónico);
- Infraestrutura ESTHER: infraestrutura para qualificação de componentes em condições térmicas e dinâmicas representativas da entrada atmosférica aberta à comunidade científica e industrial europeia;
- Infraestrutura LABET, Laboratório De Termodinâmica E Aeronáutica: laboratório de ensaios para qualificação de componentes em condições térmicas e dinâmicas representativas da entrada atmosférica;

Propulsion

- Desenvolvimento de Códigos *Particle-In-Cell* para estudos de propulsores de plasma por efeito Hall.

Thermal

- Proteção térmica e armazenamento de calor e dissipação.

Structures

- Desenvolvimento de estruturas compósitas;
- Tecnologias de produção de estruturas;
- Estruturas avançadas;
- Estruturas espaciais, incluindo os segmentos dos pequenos satélites e micro lançadores.

Materials and Processes

- Desenvolvimento de materiais de alto desempenho para gestão térmica;
- Desenvolvimento de novos materiais e processos de fabrico avançados para aplicações espaciais.

4.2.3 As questões-chave para uma agenda de investigação

A nível nacional, **as questões-chave para uma agenda de investigação passam pelo alinhamento entre financiamentos nacionais e europeus (da ESA, H2020 ICT e Espaço) e pela melhor utilização da capacidade instalada** de forma conquistar os desafios e atingir os objetivos identificados na sub-secção 4.2.1. Na capacidade instalada incluem-se:

- as instituições com atividade relevante de I&D;
- as infraestruturas tecnológicas e de testes existentes em Portugal;
- as infraestruturas científicas internacionais das quais as instituições Portuguesas participam como por exemplo no âmbito de experiências de astropartículas e na astrofísica e na observação da terra;
- as infraestruturas nacionais que permitem desenvolver tecnologias avançadas de processamento e tratamento de dados (Data mining e Big data).

É também relevante sublinhar que muitos dos desafios internacionais enunciados na sub-secção 4.2.1, alguns deles com desenvolvimentos em Portugal nos últimos dez anos, referidos na sub-secção 4.2.2, implicam uma integração de contributos das várias áreas tecnológicas, e destes com os objetivos das áreas de Observação da Terra e das Ciências do Universo, uma vez que frequentemente as contribuições tecnológicas são guiadas por requisitos resultantes dos objetivos científicos das missões. Por exemplo, monitorizar a plataforma continental portuguesa (na sua versão estendida) requer a coordenação de uma rede de veículos marinhos e aéreos autónomos, bem como de constelações de pequenos satélites, todos dotados de sensores para observação. Essa coordenação implica desenvolvimento e implantação de tecnologias de controlo, telecomunicações, sensores e processamento da grande quantidade de dados gerados, incluindo utilização de técnicas de processamento de sinais, que funcionem de forma integrada.

Relativamente a aspetos mais específicos, destacam-se, sem se pretender ser exaustivo, os que se apresentam como mais relevantes para os próximos anos:

- **miniaturização em peso e volume de sensores e outro equipamento a bordo de satélites e sondas interplanetárias;**
- **maior envolvimento em projetos e missões de exploração robótica** – estando os respetivos tópicos mais relevantes identificados em documentos do projeto PERASPERA [1][2], endereçando um conjunto de aplicações e desenvolvimentos que serão uma realidade na década 2025-35, os quais já estão a ser contemplados pelas H2020 Space Calls.;
- **maior envolvimento em projetos que estudam os efeitos do *SpaceWeather* nos sistemas terrestres:** os eventos solares extremos, como as super-tempestades solares, podem afetar gravemente a infraestrutura tecnológica moderna (redes de distribuição de energia, telecomunicações), especialmente tendo em conta a dependência desta infraestrutura em aplicações localizadas em órbita (satélites);
- **promoção da participação no desenvolvimento de instrumentos científicos para missões planetárias ou de observação da Terra e do Universo;**
- **aumento da capacidade nacional de processamento e análise de grandes quantidades de dados, especialmente relevante para o setor da Observação da Terra.**

4.2.4 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

Os fatores críticos para o desenvolvimento futuro na área das tecnologias do espaço são a **promoção da Capacidade instalada no sector** que deve passar por formas de organização consistente que estimulem as instituições do setor a colaborar entre si e com a indústria nacional e a internacionalizar-se **participando em colaborações alargadas ou em missões**. Assim a estabilidade de financiamento, via iniciativas que incentivem a colaboração entre a academia e as empresas, e a integração das várias contribuições científicas e tecnológicas, são fatores críticos para o desenvolvimento futuro da área do Espaço em Portugal.

Por exemplo a constituição de um **Laboratório Colaborativo que envolva empresas e entidades do setor Espaço afigura-se como uma excelente oportunidade** para criar massa crítica que permita dar coerência às competências existentes nessas áreas, e de as contextualizar no âmbito dos veículos e sistemas espaciais. O *Atlantic International Research Center (AIR Center)* é outro bom exemplo de uma plataforma internacional que goza do estatuto de grande prioridade política e simultaneamente proporciona oportunidades de *spin-in / out* entre aplicações espaciais, aéreas e marinhas de sistemas robóticos, em missões de exploração científica.

A criação de uma Agência Espacial nacional capaz de estabelecer uma rede de comunicação e de colaboração entre todos os intervenientes do setor, desde a academia e institutos de investigação ao setor empresarial e à indústria, teria seguramente um contributo fundamental para atingir os objetivos enunciados em 4.2.1 e os fatores críticos aqui enunciados. Para além da existência de uma agência nacional, o processo de desenvolvimento das capacidades nacionais no domínio do espaço deve ter em conta as sinergias com a ESA, Comissão Europeia e outras grandes instituições e parceiros

industriais europeus que são por um lado uma fonte de desenvolvimento tecnológico em Portugal, e por outro uma oportunidade de acesso a um mercado europeu muito mais vasto, com impacto à escala mundial. O guia de lançadores da ESA [3] e a enciclopédia de sistemas espaciais [4] testemunham da variedade de oportunidades existentes.

4.3 Observação da Terra



Fonte:ESA/Portugal burn scars

Os satélites de Observação da Terra constituem uma das principais fontes de dados sobre o nosso planeta, permitindo o estudo e a monitorização dos vários processos físicos, químicos e biológicos que aí ocorrem. A deteção remota possibilita observações com uma cobertura espacial e uma frequência temporal sem precedentes, permitindo o acompanhamento em tempo quase real de uma enorme variedade de fenómenos meteorológicos, oceânicos ou ambientais. Por outro lado, os dados reunidos pelas várias missões operadas nas últimas 4 décadas, em combinação com os de missões atuais e previstas, fornecem indicações fundamentais sobre o nosso sistema Climático e a sua evolução.

4.3.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Nos próximos 10 a 15 anos, a quantidade, qualidade e variedade de observações a explorar vai seguir a tendência de crescimento acelerado verificado nas últimas décadas, sendo seguro afirmar que **a deteção remota se vai afirmar como o principal meio de recolha de dados sobre o nosso planeta**. A comunidade nacional irá posicionar-se relativamente às novas oportunidades de forma a maximizar as valências dos vários grupos de investigação já estabelecidos e também das infraestruturas de processamento e distribuição de dados existentes (e.g., estação Santa Maria, serviços LSA-SAF e Copernicus). Relativamente a estes últimos, será imperativo maximizar a sua utilização, potenciar o seu crescimento, bem como o desenvolvimento de pólos de processamento dedicados a novas temáticas (e.g., Oceanos, Clima e Alterações Climáticas, Desastres Naturais). Tendo em conta a capacidade técnica necessária para gerir os volumes de dados e requisitos de processamento envolvidos na exploração de dados de Observação da Terra, assim como as competências científicas para explorar observações cada vez mais complexas, esta é uma área onde a multidisciplinaridade será particularmente positiva. A atividade no domínio da **Observação da Terra deverá beneficiar de uma colaboração estreita entre o meio académico e instituições operacionais, havendo ainda várias e diversificadas oportunidades** (e.g., apoio ao processamento e distribuição de dados, aplicações dirigidas a utilizadores/setores específicos) **para o meio empresarial**.

São vários os setores que podem beneficiar de uma ampla utilização de dados e produtos de satélites de Observação da Terra. **A resposta aos desafios emergentes do setor público passa por um investimento eficaz no desenvolvimento de *software* sob medida na definição de algoritmos que possam contribuir de uma forma relevante na resposta às políticas públicas e competências institucionais** utilizando, em particular, dados e serviços Copernicus. Tal investimento deverá ter como objetivo efetivar a utilização de ferramentas de Observação da Terra no âmbito das competências legais de vários organismos públicos, incluindo monitorização e reporte (e.g. em curso a definição de indicadores para responder à Diretiva Quadro da Estratégia Marinha).

Existe um vasto conjunto de missões operacionais de satélites de Observação da Terra, a que a comunidade tem acesso (e.g., séries *Sentinel*, satélites meteorológicos europeus e não europeus) e cuja continuidade se encontra planeada com missões futuras (e.g., *Meteosat Third Generation - MTG*, *EPS Second Generation*). Estas missões operacionais serão uma âncora para implementar serviços de médio-longo prazo, em praticamente todas as temáticas das Ciências da Terra. Mais ainda, a continuidade entre missões e a sua inter-calibração é fundamental para monitorização do Clima e identificação de tendências.

A par das missões operacionais, a comunidade tem sabido aproveitar as oportunidades oferecidas por missões de carácter exploratório (e.g., *Envisat*, *A-Train*). Não tendo garantias de continuidade, estas missões permitem estudar fenómenos particulares (e.g., nuvens e aerossóis e respetiva interação com a radiação, água no solo), são úteis para calibração e validação de observações ou produtos de outras missões, ou de modelos. Mais recentemente, tem vindo a generalizar-se a utilização de pequenos satélites (*CubeSats*, micro-satélites): sendo relativamente simples de construir, lançar e operar, este tipo de satélites tem um grande potencial para responder de forma flexível a problemas concretos das Ciência da Terra. Tanto no caso de micro-satélites, como para os satélites de observação da Terra em geral, a sua utilidade efetiva será determinada pelo tipo de sensor/sensores a bordo, a sua resolução espectral e qualidade de calibração, a cobertura espacial, o tempo de vida assegurado pela missão, a frequência temporal das observações e a sua resolução espacial.

4.3.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

As observações obtidas a partir de satélites meteorológicos são há muito usadas operacionalmente, incluindo em Portugal, para a vigilância do tempo. Por outro lado, a previsão numérica do tempo é fortemente condicionada pela caracterização do estado inicial da atmosfera. Neste domínio, a assimilação de observações de satélite veio contribuir para ganhos muito significativos na qualidade das previsões. Nos últimos anos, o maior investimento de I&I em Portugal relacionado com observações de satélites meteorológicos foi, no entanto, feito no domínio das variáveis de superfície, no âmbito da Land Surface Analysis SAF (LSA-SAF; <http://lsa-saf.eumetsat.int>). A EUMETSAT mantém uma rede de *Satellite Applications Facilities* (SAF) com o propósito de diversificar as aplicações dos satélites que opera. A LSA-SAF, um consórcio internacional liderado pelo IPMA, tem vindo a **desenvolver algoritmos para estimativa de produtos de satélite relacionados com a radiação à superfície (e.g., temperatura, albedo, radiação solar), o estado e saúde da vegetação (e.g., índice de área foliar – LAI, ou fração da radiação fotossinteticamente ativa – FAPAR), stress hídrico (e.g., evapotranspiração) e os fogos florestais (identificação, caracterização da intensidade e emissões, avaliação e previsão de risco)**. Estes produtos e variáveis são relevantes para a atmosfera, e sobretudo para a modelação da sua

interação com a sua fronteira inferior, uma vez que condicionam o balanço de energia, de água e de carbono à superfície. O desenvolvimento e validação de algoritmos têm sido feitos a par com aplicações na modelação e validação de modelos de superfície. A LSA-SAF permitiu desenvolver um serviço com produção, arquivo e distribuição, de uma série de variáveis a partir de dados de satélite (tais como as referidas acima), envolvendo a academia – no desenvolvimento de conceitos, metodologias e aplicações – e a indústria – que apoiou o desenho das cadeias de processamento e distribuição de dados. Por outro lado, as valências criadas em Portugal por este programa tiveram repercussões na competitividade das equipas nacionais, que conseguiram afirmar-se noutros projetos internacionais na área da deteção remota, tais como os programas Copernicus (Global Land, Atmosfera e Emergência), em que foram desenvolvidas aplicações e serviços com satélites operados por agências fora da Europa (NASA, NOAA, JMA).

Os dados de satélite têm vindo a ser reconhecidos nos últimos anos como particularmente úteis para a monitorização do clima. Neste sentido, a comunidade internacional tem vindo a trabalhar na avaliação de variáveis climáticas essenciais (ECVs), com enfoque na validação, estabilidade das séries geradas e estimativa das respetivas incertezas. O programa *Climate Change Initiative* (CCI; <http://cci.esa.int/>) da ESA constituiu um marco importante nesta área. **O envolvimento de várias equipas portuguesas em projetos CCI, como é o caso do CCI Fire com o desenvolvimento de algoritmos para mapeamento global de áreas aridas a partir de vários sensores, do CCI Ocean Colour com a validação da cor do oceano e concentração de clorofila com dados *in situ* e do CCI Sea Level, é revelador do impacto da comunidade nacional em deteção remota.**

Em relação à área Oceano, o principal resultado nos últimos 10 anos foi a integração efetiva em projetos e redes internacionais, dando visibilidade à comunidade científica portuguesa e capacitando-a para promover investigação sobre o desenvolvimento de algoritmos para a costa portuguesa, a validação de produtos de cor do oceano, a deteção de *bloom* de microalgas nocivas, ou a utilização da cor do oceano como ECV. Recentemente, cabe referir a participação de equipas nacionais na validação do novo satélite da ESA, Sentinel-3.

4.3.3 As questões chave para uma agenda de investigação

Novos tipos de instrumentos e de observações vêm colocar novos desafios na área da previsão numérica do tempo, mas também apresentam um enorme potencial para melhorar a performance de modelos globais e regionais, com particular ênfase nas previsões a curto prazo de eventos extremos de alto impacto (e.g., vento e/ou precipitação intensa). Entre outras, é de referir observações de muito alta resolução espectral, até agora apenas disponíveis em plataformas de órbita polar, que serão facultadas pelo MTG com uma resolução espacial e frequência temporal sem precedentes. A estas poderão ser acrescentadas observações tanto no domínio do visível e infravermelho, como das micro-ondas, em sensores passivos e ativos. A sua utilização efetiva em previsão e em vigilância meteorológica (*nowcasting*) passa necessariamente pela respetiva assimilação em modelos de previsão do tempo de complexidade crescente.

As **alterações Climáticas**, induzidas pelo aumento de gases de efeito estufa na atmosfera, constituem um dos maiores desafios do século XXI. Os seus sinais manifestam-se em variáveis atmosféricas e não

só, já que afetam todo o Sistema Terra. Seguindo a tendência dos últimos anos, os dados de Observação da Terra serão cada vez mais utilizados para caracterização e monitorização do Clima, com ênfase em variáveis relacionadas com o balanço radiativo, composição atmosférica, vapor de água, temperatura. Questões relacionadas com a **calibração de sensores (em missões diferentes, ou ao longo do tempo de vida da missão)**, com a caracterização da incerteza das observações e sua propagação para produtos de satélite são fundamentais para estabelecer dados climáticos fiáveis.

A atmosfera é apenas um dos componentes do Sistema Climático e as interações com a superfície (terrestre e oceânica) determinam a sua composição e dinâmica a várias escalas espaço-temporais. Os desafios relacionados com a atmosfera estão assim fortemente ligados à compreensão e modelação dos processos de interface com a sua fronteira inferior. Neste contexto, a monitorização de variáveis relacionadas com o balanço de energia à superfície é particularmente relevante, estando estas ainda ligadas aos ciclos da água e do carbono. **Novos sensores – ativos e passivos – irão abrir novas oportunidades para estimar variáveis de superfície** (temperatura, fluxos radiativos e de energia, parâmetros relacionados com o estado e stress hídrico da vegetação, ou produtividade primária). **Este tipo de produtos e dados apresenta grande potencial** para aumentar a eficiência na avaliação e **gestão de recursos agrícolas e florestais**, com aplicabilidade local/nacional, ou à escala continental: **desenvolvimento de culturas; risco de pragas/doenças;** necessidades de **irrigação; inventário florestal;** identificação de **fogos florestais; áreas ardidas** e respetiva regeneração. Espera-se que as observações de muito alta resolução espacial, disponibilizadas sem restrições via Copernicus (e.g., Sentinel-1 e Sentinel-2) tenham grande impacto nestas áreas, mas também em outras como o **mapeamento da ocupação e uso do solo e ordenamento do território**, ou no domínio da **perigosidade geológica ao nível da deformação e deteção de movimentos de massa**. A integração de sistemas de referência espacial GNSS (GPS e Galileo) com sensores SAR (e.g., Sentinel-1) pode dar um contributo efetivo na prevenção e na resposta à emergência, permitindo o desenvolvimento de serviços de monitorização da deformação a nível nacional ou transnacional. O desenvolvimento de sistemas de monitorização pode ainda ser fundamental na **salvaguarda dos recursos naturais**, nomeadamente no acompanhamento de **reservas de água subterrânea**, ou na **deteção e preservação de matérias-primas** em particular os elementos críticos, estratégicos/ utilizados em altas tecnologias. Todas estas **temáticas irão ser desenvolvidas a partir de dados de missões existentes, ou planeadas**. Poderão beneficiar também de observações disponibilizadas por microsatélites, desde que bem planeados e desenhados para cada aplicação.

No que se refere ao **Oceano**, importa explicar que a análise da região do visível do espectro eletromagnético (a base da deteção remota) permite a quantificação de parâmetros biogeoquímicos como sejam a concentração em Clorofila-*a* (Chl-*a*, proxy para biomassa fitoplâncton), sedimentos em suspensão e/ou matéria orgânica dissolvida. Estes parâmetros são essenciais para a monitorização das camadas superficiais do oceano, nomeadamente a produtividade primária marinha. De sublinhar o papel do fitoplâncton no sequestro de carbono (cerca de 50% do total a nível do planeta), sendo a Cor do Oceano uma das ECV. A obtenção de séries temporais longas com boa resolução espacial é essencial para avaliar eventuais alterações da biomassa e composição do Fitoplâncton em resposta a alterações climáticas e quantificar o seu papel no ciclo de carbono. A importância da cor do oceano é reconhecida pelo programa EC Copernicus, estando o satélite Sentinel-3A, em órbita desde Fevereiro de 2016, equipado com o sensor Ocean and Land Colour Instrument (OLCI), e previsto o lançamento

de sensores equivalentes nos Sentinel-3B e 3C até 2020, para melhoria da resolução temporal, garantindo a continuidade necessária nos produtos gerados.

Uma outra **questão chave pertinente** é a **validação dos produtos de satélite com dados in situ**. Com efeito, o diferente grau de complexidade ótica das águas nas diversas regiões do globo (particularmente nas zonas costeiras) representa um desafio à aplicabilidade dos algoritmos utilizados para a geração destes produtos.

Aplicações do uso da cor do oceano com implicações socio-económicas são por exemplo 1) a caracterização de áreas em termos da distribuição sazonal de fitoplâncton e de temperaturas de superfície do oceano, para efeitos de concessão de unidades de aquacultura 2) a monitorização de HABs (blooms de algas nocivas) que afetam negativamente a colheita de bivalves na costa portuguesa, 3) a deteção de frentes oceânicas como apoio para a observação de cetáceos, 4) apoio para a caracterização e identificação de áreas de pesca potenciais, 5) deteção de alterações em zonas costeiras através de imagens de satélite de elevada resolução espacial (Sentinel-2), 6) deteção de Correntes de Retorno (vulgarmente designados por “Agueiros”) na orla costeira, principal causa de acidentes fatais com banhistas, nas praias. Finalmente, deve mencionar-se a deteção de lixo marinho, nomeadamente micro-plásticos, por satélite, que sendo uma metodologia em desenvolvimento pela comunidade científica internacional, tem grande potencialidade de aplicação.

Finalmente, a alta resolução espacial da missão Sentinel-1 e -2, que permite **observar a “sub-mesoscala” oceânica**, em escalas de tempo entre os segundos até algumas horas, permitem observar os processos turbulentos onde a maior parte da energia cinética do oceano está localizada. Esses processos, relevantes para o clima, são particularmente intensos nas camadas superficiais do oceano, tornando-se assim particularmente importantes para a dinâmica biológica fundamental, envolvendo estruturas relacionadas com a produção primária até à subducção do carbono. As observações do Sentinel-1 e -2 irão contribuir também para **melhorar modelos da circulação costeira e estuarina**, revelando-se **essenciais em situações de catástrofe**, como foi por exemplo do caso do derrame de hidrocarbonetos com o petroleiro “Prestige” ao largo da costa Ibérica.

4.3.4 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

O desenvolvimento de atividades de I&I em Observação da Terra, tal como em outros domínios, é condicionado pela existência de recursos humanos qualificados. **Será essencial manter atividades de formação pré- e pós-graduada sólida, que possam servir de suporte a atividades que são frequentemente multidisciplinares.** Neste sentido, deve ser promovida **uma boa coordenação entre universidades, centros/instituições de investigação, centros envolvidos no processamento das observações, e o setor privado**, garantido a existência das competências necessárias à área. Por outro lado, é importante **atrair e manter investigadores talentosos em Portugal**, através de oportunidades atrativas em termos de formação pessoal e profissional. Em particular, a contratação no setor público deve ser flexível, dentro dos limites orçamentais de projetos/programas competitivos, por forma a evitar-se um recurso excessivo a bolsas de investigação.

Uma boa parte das atividades de I&I em Observação da Terra são motivadas pelos utilizadores e as mais-valias que a deteção remota traz em vários domínios. Sendo assim, **é essencial o envolvimento de**

stakeholders de forma a promover uma efetiva promoção deste tipo de dados, levando a alteração de paradigmas/procedimentos. Nesta linha, poderão ser feitos esforços para aumentar a literacia, tanto em setores técnicos, como da população em geral, com especial incidência nas jovens. Programas recentes de Observação da Terra, como o *Copernicus*, têm vindo a promover políticas de dados abertos. Este é seguramente um dos mais importantes contributos para uma efetiva utilização de dados de satélites, promovendo a investigação e o desenvolvimento de novas aplicações. No entanto, **a existência de dados *in situ* é essencial, tanto para a validação de variáveis estimadas remotamente, como para apoio a novos algoritmos e metodologias**. Uma política de promoção de I&I em Observação da Terra deve por isso ter em conta este aspeto. Finalmente, a investigação em qualquer área é feita através de apostas de médio-longo prazo. Embora seja expectável uma evolução das Agendas de I&I, estas devem manter linhas de continuidade e preservar estratégias de investigação e de prestação de serviços. Espera-se assim garantir a capacidade para o crescimento sustentado da I&I em Observação da Terra, promovendo o seu impacto na sociedade em geral.

Capítulo 5 - Perspetivas de inovação tecnológica

5.1 Dimensões da Inovação Tecnológica



Fonte: ESA/Connect Robotics

A inovação tecnológica tem sido a atividade estruturante do setor Espaço em Portugal. A adesão de Portugal à ESA permitiu o acesso por parte das empresas e centros de I&D portugueses a programas de desenvolvimento tecnológico numa abordagem estruturada e incremental que:

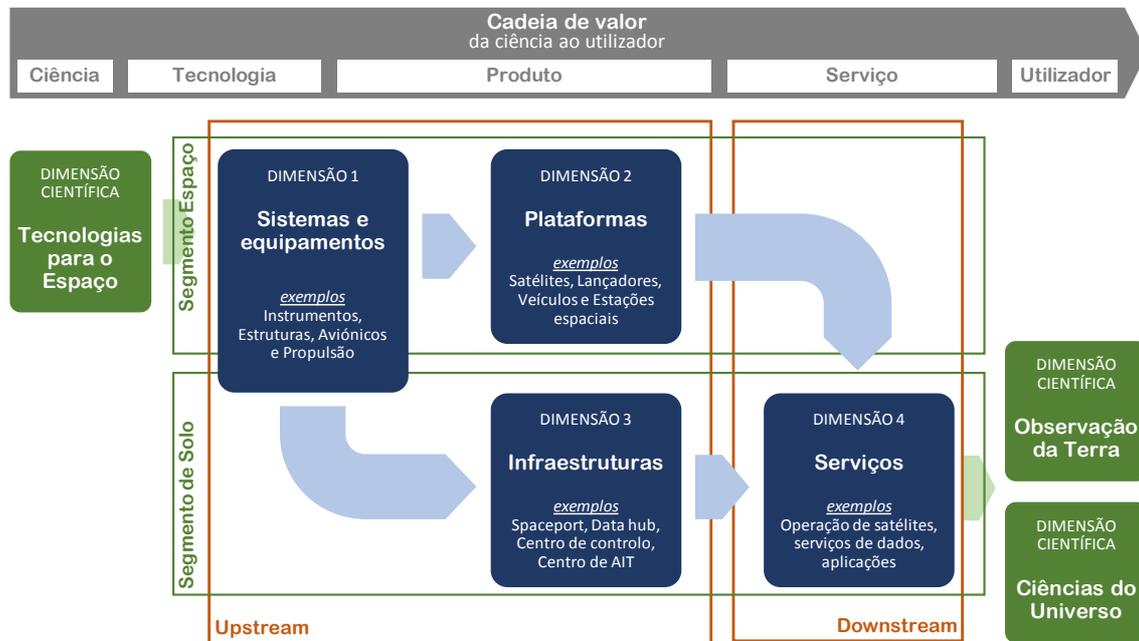
- Acelerou a curva de aprendizagem dos engenheiros e cientistas a trabalhar em Portugal, através dos estágios na ESA e do envolvimento em projetos de complexidade crescente.
- Criou a oportunidade para que engenheiros e cientistas recém-formados criassem novas empresas de base tecnológica para participar nestes programas.
- Criou o ambiente para que micro e pequenas-empresas crescessem e se especializassem, diversificando depois para outros setores (*spin-out*).
- Criou oportunidades para empresas já estabelecidas noutros setores utilizassem as suas competências no setor Espaço (*spin-in*).

A experiência e as capacidades científicas, tecnológicas, industriais e operacionais que existem hoje em Portugal permitem que, depois de anos de investimento na criação de uma base alargada de competências, este setor em Portugal possa direcionar a sua atenção para a subida na cadeia de valor, ou mais precisamente, nas várias cadeias de valor em que se encontra já posicionado (e.g., evoluir para a integração de satélites) e preparar a entrada em novas cadeias de valor (e.g., lançadores) de cada empresa individualmente e do setor como um todo.

A subida na cadeia de valor está sempre associada a duas dinâmicas concorrentes, a de especialização no sentido de um domínio cada vez maior das tecnologias e a de crescente integração de competências intra- e interorganizações, que coloca também importantes desafios ao nível da gestão das redes de parceiros e do binómio cooperação-competição, que, não obstante, não serão abordados no contexto desta agenda.

É neste sentido que este capítulo – depois de nos anteriores se terem abordado os desafios científicos e tecnológicos do setor – se estrutura numa lógica de cadeia de valor, definindo as dimensões de forma incremental, e identificando os objetivos e desafios tecnológicos, e não só, que estão associados a cada patamar.

Figura 7 - Dimensões da inovação tecnológica, posicionamento na cadeia de valor e desafios



A dimensão 1 situa-se ao nível dos sistemas e equipamentos, em que se incluem tanto os protótipos demonstradores de tecnologia como instrumentos ou equipamentos que são colocados no mercado enquanto produtos.

As dimensões 2 e 3 já dizem respeito a sistemas integrados, tanto espaciais (Plataformas) como de solo (Infraestruturas), abordados, por regra, numa lógica de produto orientado para comercialização.

A dimensão 4 envolve prestação de serviços com base em infraestruturas existentes e nos sistemas integrados. Estes serviços podem ser direcionados para utilizadores institucionais e/ou para utilizadores finais.

A opção por esta taxonomia face a uma mais convencional, como a de segmento espaço/solo ou upstream/downstream, prende-se com a **intenção de capturar os diferentes desafios que se colocam à inovação tecnológica no contexto da subida na cadeia de valor – assumido como o maior desafio da indústria do Espaço em Portugal** –, e que são, na sua maior parte comuns a todas as áreas tecnológicas.

Estes desafios são incrementais. No início prendem-se sobretudo com o desenvolvimento de competências para trabalhar no setor e evoluem depois para o domínio das tecnologias nucleares de uma determinada atividade associados à validação em protótipos. Na passagem do protótipo para a oferta de um produto (instrumentos, por exemplo) no mercado, os desafios escalam rapidamente e

passam a incluir também a otimização da arquitetura em função dos processos de produção, com o controlo do processo de produção e com a modularização e normalização de componentes e subsistemas. O salto para os sistemas integrados requer a capacidade para projetar estes sistemas, definir a integração entre subsistemas e liderar/organizar/integrar competências de atores com diferentes culturas, modelos de interação e, por vezes, estratégias conflituantes. Já a fase de operação requer um leque de competências diferente que implicam o conhecimento, por um lado, dos sistemas e infraestruturas utilizados da operação e, por outro, das necessidades dos utilizadores institucionais e finais.

Ao longo deste capítulo serão, primeiro, identificados os grandes desafios da inovação tecnológica associada ao Espaço (5.2) e, depois, os principais desenvolvimentos, objetivos, oportunidades, desafios e fatores críticos associados a cada uma destas dimensões: Sistemas e equipamento (5.3), Plataformas (5.4), Infraestruturas (5.5) e Serviços (5.6), com base nos contributos da indústria portuguesa do Espaço.

5.2 Grandes desafios de inovação tecnológica

O principal impedimento de inovação tecnológica no Espaço tem sido a sua bandeira: a fiabilidade. Nas fases operacionais de uma missão espacial não há margem para erros porque não há segundas hipóteses, e os erros geralmente são consequências de M€. O Espaço é assim um sector francamente conservador, cliente de tecnologias maduras, fruto de processos muito bem estruturados.

Os momentos de inovação e avanço no sector do Espaço ocorrem essencialmente nas fases de investigação e desenvolvimento, guiadas pelas necessidades e desafios que se apresentam sempre que se imaginam e definem novas missões espaciais ou se criam novos serviços e aplicações. Os ciclos de desenvolvimento necessários para que uma determinada tecnologia seja *space-qualified* são geralmente longos, caros e arriscados. O investimento público desempenha assim um papel fundamental neste ciclo de desenvolvimento. **A intervenção institucional – ao nível de estratégias, programas e financiamentos constantes – foi e continuará a ser essencial e crítica para tornar operacionais muitas tecnologias que hoje assumimos banais: é o caso da televisão por satélite ou das previsões meteorológicas.** Este processo de democratização de tecnologias, ao ponto de serem *commodities* em determinado processo, tem depois o seu efeito retroativo na inovação Espacial – novas aplicações no mercado comercial promovem novos utilizadores e novas necessidades, que estimulam por sua vez novos avanços.

Com a entrada de investidores privados no sector nos últimos anos, potenciada essencialmente pela mudança da política espacial norte-americana, o risco na fase operacional começa a ser assumido como outra variável na equação do sucesso. Este fator, associado também às novas latências exigidas pelos investimentos, abriu a porta não só a novas metodologias mas também a novos conceitos de missão, arrastando necessariamente novas tecnologias (megaconstelações, reutilização de lançadores, exploração de recursos planetários, serviços orbitais, etc.).

Tanto a democratização da tecnologia espacial como o investimento privado trazem-nos a um momento disruptivo no sector Espacial, sentido pela comunidade espacial nacional. É um momento auspicioso para Portugal, cujas entidades atingem agora (ou estão muito perto de atingir) a maturidade. Existem tecnologias nacionais *space-qualified* e as atividades espaciais lideradas pela indústria portuguesa são cada vez mais complexas e abrangentes. Num momento de diversificação do

sector, a oportunidade de diferenciação é ainda maior – e a sustentabilidade do sector depende de criar capacidades e vantagens diferenciadoras que lhes permitem competir no mercado global ou de encontrar nichos de mercado, onde as competências serão únicas. Criar as condições propícias a que se encontrem estes elementos únicos e diferenciadores passa evidentemente por criar condições que estimulem e promovam o investimento e a inovação.

Ao nível institucional, o grande desafio passa por entender e assumir o Espaço como instrumental para o bom e sustentável funcionamento do país e como ferramenta para preservação dos seus interesses, ao nível da segurança, economia e bem-estar do cidadão. Ao confiar e adotar tecnologias espaciais para o desempenho do seu mandato, as instituições públicas promovem a existência de uma comunidade espacial musculada, autossuficiente e competitiva, criando também as condições para a retenção e especialização de recursos humanos altamente qualificados.

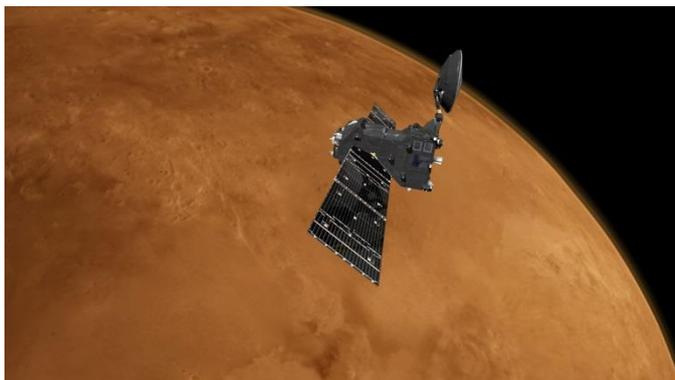
A criação de programas/agendas nacionais (com dimensão internacional) de longo prazo dedicados a necessidades concretas da economia e sociedade, como sejam a observação do Atlântico, Agricultura, Segurança Alimentar, Preservação Florestal, entre outros, pode dinamizar esta adoção, sempre e quando sejam definidos a longo prazo, em coordenação com políticas e programas de I&D que acompanhem estas necessidades. A execução destes programas implica continuidade e, por isso, a não-dependência de ciclos políticos, pelo que o reforço do enquadramento institucional do Espaço em Portugal é fundamental para a sua implementação. Por outro lado, importa manter o alinhamento e o diálogo com políticas e programas Europeus e internacionais, ativando o mais possível a diplomacia científica.

O acesso a novas oportunidades internacionais, assim como o reforço das atuais, deve ser encarado também nesta ótica ao serviço das necessidades e desafios nacionais.

Ao nível organizacional e industrial, os desafios passam essencialmente por potenciar a cadeia de valor do desenvolvimento de tecnologias espaciais, procurando oportunidades de especialização, integração e verticalização de produtos e sistemas, ainda que paralelamente. **No contexto atual, é essencial conseguir acelerar as taxas de inovação, mantendo os mesmos níveis de robustez e fiabilidade exigidos no sector.** Esta condição exige métodos avançados de fabrico e *spin-in* de tecnologias externas ao desenvolvimento espacial, que mais uma vez necessitam do compromisso público para superar o risco que representam.

Tecnologicamente, os desafios nacionais podem também ser criados pelo mercado global de serviços e aplicações. O desenvolvimento de satélites cada vez mais pequenos, com custos de acesso ao Espaço inferiores, tem promovido uma produção massiva de dados (telecomunicações, observação da Terra e navegação), exigindo por sua vez novas tecnologias de processamento para a sua disponibilização. **Esta facilidade de acesso aos dados tem permitido o aparecimento de novas aplicações, serviços e negócios, o que contribuirá para o surgimento de um novo tipo de utilizadores e necessidades, que serão certamente agentes de inovação e transformação.**

5.2.1 Dimensão 1: Sistemas e equipamentos



Fonte: ESA/EXOMARS/Trace Gas Orbiter at Mars

Nesta dimensão incluem-se subsistemas que equipam satélites, veículos e infraestruturas espaciais e também, em certa medida, infraestruturas no solo, bem como equipamentos e instrumentos que constituem produtos intermédios do setor.

5.2.2 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Os maiores desenvolvimentos de Portugal na área do Espaço ao longo dos últimos anos têm sido precisamente na dimensão de subsistemas, no domínio dos instrumentos, dos sistemas de comunicações e de controlo, e dos materiais e estruturas.

O principal objetivo para Portugal na dimensão dos sistemas e equipamentos é **a geração de propriedade intelectual e o desenvolvimento de produtos diferenciadores para o mercado internacional a partir das competências e tecnologias que existem no nosso país.**

Os desafios associados a este objetivo estão relacionados com a evolução de um paradigma de protótipo para um paradigma de produto:

- Qualificar e demonstrar em órbita – de forma expedita e com custos reduzidos – os sistemas desenvolvidos em Portugal;
- Desenvolver sistemas orientados para a integração em múltiplas plataformas;
- Estabilizar e implementar processos e métodos de fabrico e teste simplificados, mas capazes de garantir qualidade, em particular a fiabilidade e replicabilidade;
- Miniaturizar e aumentar o desempenho e a eficiência dos sistemas;
- Normalizar e modularizar os sistemas, para os casos em que a escala é um fator relevante;
- Introduzir tecnologias, processos e práticas de outros setores mais maduros do ponto de vista de processos industriais.
- Introduzir novas tecnologias de fabrico para aumentar a eficiência dos respetivos processos e o desempenho dos sistemas.

- Substituir materiais raros, de custo elevado, de venda controlada, tóxicos (no contexto do regulamento REACH) ou com impacto ambiental negativo.
- Aumentar a eco consciência ao longo de todo o ciclo de criação e fabrico de um novo produto, equipamento ou sistema.

Exemplos de desafios tecnológicos específicos associados aos sistemas e equipamentos

- Aumentar o desempenho através da utilização de novos materiais e de processos de fabrico aditivos.
- Desenvolver processos avançados de fabrico de estruturas metálicas e em compósitos que permitam fabricar estruturas mais leves, mais fiáveis, com design mais flexível, mais *cost* e *eco-effective*, maior sustentabilidade de recursos, automáticos, etc.
- Assegurar a substituição de produtos químicos tóxicos e desenvolver e implementar novas formulações que cumpram o regulamento REACH.
- Desenvolver novos materiais que permitam aumentar e/ou multiplicar o desempenho (mecânico, elétrico, térmico, radiação) das estruturas mantendo ou reduzindo o seu peso (ex. grafeno, *black satellite*, etc.).
- Assegurar a disponibilidade de algumas matérias-primas e componentes na Europa que atualmente são alvo de licenças de exportação, monopólio industrial e correm risco de serem descontinuadas.
- Estudar e reduzir a obsolescência de várias matérias-primas, que contribuem muito para o elevado custo das estruturas espaciais.
- Aumentar a padronização de alguns componentes ou subsistemas para a conseqüente redução dos preços de fabrico de um sistema.
- Aumentar a base de conhecimento em vários processos de fabrico críticos (ex. modelização).
- Aumentar a maturidade tecnológica dos novos materiais e processos.

5.2.3 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos

Ao longo dos últimos dez anos, têm surgido e sido consolidadas diversas iniciativas relacionadas com o desenvolvimento de subsistemas para o Espaço, em que se incluem:

- Instrumentos para missões espaciais, em que se incluem: magnetómetros, monitores de radiação, recetores GNSS e GNSS-R.
- Sistemas de comunicações entre satélites e com a Terra.
- Sistemas de posicionamento, navegação e controlo de satélites e outros veículos.

- Estruturas espaciais com integração de estruturas de nanotubos de carbono e sensorização por fibras óticas.
- Revestimentos térmicos baseados em soluções de aerogéis, materiais ablativos ou multicamada, em alguns casos com propriedades de proteção eletromagnética.
- Tanques e válvulas para sistemas de propulsão no Espaço.
- Modelos numéricos para previsão de fenómenos de delaminação nas estruturas quando sujeitas a situações de carga pontual, extrema e/ou cíclica.

5.2.4 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação

Os sistemas e equipamentos têm aplicação num espetro alargado de plataformas espaciais e, até, em infraestruturas no solo. Neste contexto, praticamente **toda a atividade espacial a nível global pode constituir uma oportunidade para o desenvolvimento e fornecimento subsistemas, equipamentos e instrumentos nacionais**. A entrada em novas missões e programas está essencialmente associada ao aumento do desempenho dos sistemas, associado a um aumento de eficiência de custos, de volume e peso, energética e ambiental. Neste contexto incluem-se:

- **Novas missões científicas** (*PLATO, FLEX, BIOMASS, ATHENA, ...*).
- **Novos satélites e constelações para telecomunicações**, tanto de foco regional como global.
- **Programas de Observação da Terra**.
- **Missões** relacionadas com a **identificação e gestão de objetos no Espaço**.
- **Missões de exploração espacial**, que requerem estruturas leves, com capacidade de resistir ao ambiente espacial, com reduzida interferência eletromagnética, dissipar calor ou sobreviver em ambientes de elevada ou muito baixa temperatura e termicamente estáveis.
- **Programas de lançadores**, em particular **para pequenos satélites**, que requerem estruturas mais pequenas, leves, mais económicas, reutilizáveis e com menor impacto ambiental.

Na envolvente nacional perfilam-se oportunidades que se podem vir a concretizar no futuro próximo e que podem ter um forte efeito dinamizador do mercado para sistemas e equipamentos. Por exemplo:

- **Construção de um *spaceport* em território nacional**, mais especificamente nos Açores.
- **Programas de desenvolvimento de lançadores**, em parceria com outros países.
- Iniciativas para criação de **capacidade específica para monitorização do Atlântico**.

Exemplos de oportunidades específicas associadas aos sistemas e equipamentos

- Componentes e subsistemas para satélites, sondas e telescópios mais compactos e leves.
- Mastros e refletores articulados para grandes telescópios, antenas e outros subsistemas compactos.
- Revestimentos térmicos para antenas mais eficientes e compactas.
- Caixas eletrônicas mais leves e compactas.
- Novas fontes de energia para propulsão e funcionamento de equipamentos que permitam manobras e viagem mais longas.

5.2.5 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

A exploração das oportunidades identificadas requer que sejam desenvolvidas ou operacionalizadas as capacidades para lidar de forma adequada com cada um dos desafios referidos.

Os fatores críticos surgem a diferentes níveis. A nível institucional, de financiamento e organizacional:

- Mecanismo de enquadramento institucional do setor do Espaço que assegure a continuidade dos programas nacionais para este setor, apoie a captação de investimento e promova a diplomacia económica e científica do setor;
- Acesso a financiamento público para as fases mais preliminares do processo de desenvolvimento tecnológico e privado para as fases mais operacionais para viabilizar o desenvolvimento de novos sistemas, mais complexos e integrados;
- Acesso a capacidade e infraestruturas de testes (ex.: meios de teste em vácuo e a temperaturas extremas, muito negativas e positivas);
- Criação de centrais de partilha de aquisições e testes para qualificação para certas matérias-primas críticas e com uma elevada taxa de expiração de validade ou obsolescência; como forma de reduzir os custos de qualificação de novos materiais e de fabrico das estruturas, evitando a duplicação dos processos de qualificação e a aquisição de quantidades necessárias; e reduzindo o desperdício de matérias-primas raras ou caras.
- Capacidade de promoção da capacidade nacional em contexto internacional.

E, ao nível técnico:

- Disponibilidade de recursos humanos, com formação (no contexto das instituições de ensino superior) e experiência (no contexto de projetos) adequadas às várias fases do processo de desenvolvimento de produtos para o Espaço e da sua entrada em operação.
- Simplificação de processos de qualificação para integração de sistemas e equipamentos em pequenos satélites.

- Sustentabilidade do fornecimento de materiais críticos.
- Articulação reforçada entre a indústria e a academia para maior eficiência na utilização de recursos e resultados mais amplos.

5.3 Dimensão 2: Plataformas



Fonte:ESA/Bepi-Colombo Simulator

As plataformas são sistemas que integram subsistemas e equipamentos. Os exemplos considerados no contexto desta agenda são os Satélites, Lançadores, Veículos e Estações espaciais. A capacidade em Portugal para abordar esta dimensão é emergente e vem da experiência na dimensão Sistemas e Equipamento.

5.3.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

A evolução do desenvolvimento de subsistemas ao nível de protótipo, e mesmo ao nível de produtos, para a integração de plataformas está associada a uma mudança de paradigma tecnológico, industrial e organizacional.

A dimensão dos desafios associados à integração de plataformas como satélites, veículos e estações espaciais requer um conhecimento aprofundado dos ciclos de desenvolvimento, das tecnologias que os integram e uma dinâmica intensa de colaboração, para partilha de risco e aceleração do processo de desenvolvimento, qualificação e operacionalização de tecnologia.

O principal objetivo para Portugal na dimensão das plataformas é a **afirmação de uma posição como integrador no mercado internacional, associada à capacidade de desenvolver, produzir, integrar, testar e qualificar satélites, veículos e estações espaciais, de forma competitiva.**

Atingir este objetivo requer lidar de forma adequada com um conjunto de desafios:

- Identificar, desenvolver e integrar tecnologia de diferentes origens e em diferentes estágios iniciais de maturidade.
- Estabelecer consórcios orientados para mercado (*market pull*) com as valências necessárias para concretizar os vários *building blocks* que integram as plataformas e abertos à integração de novas competências e tecnologias (*technology push*).

- Estabelecer uma dinâmica de inovação para desenvolvimento, integração, teste e operacionalização de plataformas, típica de *fast-moving industries*, sem prescindir da fiabilidade e segurança que são características basilares do setor espacial.
- Assegurar mecanismos de financiamento adequados ao processo de desenvolvimento, integração e teste de plataformas, caracterizado por investimentos de grande dimensão (vários milhões de euros), prazos mais longos desde o início do projeto até ao início da exploração, risco elevado pela componente operacional e pela maior responsabilidade assumida pelo integrador e acesso ao mercado através de produtos ou de serviços.
- Desenvolver um entendimento aprofundado dos fatores de risco que afetam o desenvolvimento, produção, venda e operação dos produtos, que será crítico para o dimensionamento dos seguros e das responsabilidades civis associados à operação das plataformas.

Exemplos de desafios tecnológicos específicos associados à integração de plataformas

- Redução do peso das estruturas através da utilização de novos materiais e de processos de fabrico aditivos.
- Redução do impacto ambiental do processo de fabrico de subsistemas e da operação, cumprindo a diretiva REACH, utilizando materiais, combustíveis e comburente mais eco sustentáveis e com menor impacto na formação de lixo espacial.
- Miniaturização, redução de consumo energético e multi-funcionalização de subsistemas eletrónicos.
- Desenvolvimento de estruturas modulares e adaptáveis (articuláveis e com erros de posicionamento e manobra extremamente baixos) consoante a necessidade de funcionamento e operação do sistema em que estão inseridas.
- Aumento da resistência à radiação espacial e a amplitudes térmicas muito severas para plataformas que irão estar em operação em órbitas altas ou em viagens interplanetárias.
- Adaptação, se possível simplificando, e aceleração dos processos de industrialização, montagem, integração, teste e qualificação para lançamento e operação, sem perder a fiabilidade que caracteriza do setor, e consequente redução dos custos ao longo do ciclo de desenvolvimento e de operação.

5.3.2 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos

Ao longo dos últimos 10 anos, as empresas e os centros de investigação nacionais têm vindo a desenvolver essencialmente subsistemas para plataformas com poucas iniciativas ao nível da integração de plataformas, de que são exemplos:

- Desenvolvimento e integração de nano-satélites, de 1U (10x10x10cm), 2U (20x10x10cm) e 3U (30x10x10cm), de acordo com a norma CubeSat, tanto em empresas como em universidades.
- Participação no desenvolvimento e produção de satélites de elevado desempenho, integrados, por exemplo, na vizinha Espanha.
- Lançamento de projetos integradores de competências nacionais para nano e microssatélites.

Na lógica de *spin-in* tecnológico, as empresas portuguesas que estão a evoluir no sentido da integração de plataformas têm vindo a desenvolver trabalho de integração de plataformas para outros mercados, como, por exemplo, veículos aéreos não tripulados, alguns já com mais de 100 kg.

Ao nível da tecnologia, desenvolvimentos recentes podem vir a permitir reduzir a dependência externa de sistemas críticos para estas plataformas:

- Sistemas de controlo de altitude e de órbita, já desenvolvidos e operacionais em mais do que uma empresa, com disponibilidade no meio académico para continuar a promover investigação nestas áreas.
- Sistemas de comunicações, inter-satélite e com o solo, operacionais e já demonstrados em voo, também desenvolvidos em parceria entre empresas centros de investigação portuguesas.
- Estruturas com componentes em materiais compósitos produzidos sem recurso ao autoclave e em materiais metálicos produzidos com técnicas aditivas.
- Novos materiais para dissipação de calor e eletricidade estática, funções estruturais e subsistemas com elevada performance mecânica e com distorção térmica quase nula.

5.3.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação

O contexto atual da indústria espacial e o estado de desenvolvimento da base tecnológica e industrial nacional permite identificar duas oportunidades (e uma terceira relacionada) especialmente relevante para desenvolvimento e integração de plataformas para o Espaço.

O desenvolvimento de plataformas é forçosamente um processo *market-driven* que parte da interação com utilizadores ou operadores que se constituem como clientes das plataformas ou dos serviços associados:

- **Satélites de pequena dimensão, para operar em constelação no contexto de missões de Observação da Terra e Comunicações.** O apoio à gestão do território, realizada em muitos casos com meios dispersos e não integrados ou as aplicações marítimas, dinamizadas no contexto de iniciativas internacionais como o *Atlantic International Research Center (AIR)*, anunciado recentemente pelo governo português, é um exemplo.
- **Micro-lançadores para lançamento de pequenos satélites** (satélites com menos de 100 kg), a desenvolver no contexto de parcerias com atores internacionais, em particular com aqueles que têm vindo a demonstrar interesses numa possível ocupação de um possível *spaceport* em território nacional, mais especificamente nos Açores.

- **Foguete-sonda para investigação**, a partir dos desenvolvimentos associados ao micro-lançador.

5.3.4 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

A exploração das oportunidades identificadas requer que sejam desenvolvidas ou operacionalizadas as capacidades para lidar de forma adequada com cada um dos desafios referidos.

Os fatores críticos surgem a diferentes níveis. A nível institucional e de financiamento:

- Mecanismo de enquadramento institucional do setor do Espaço que assegure a continuidade dos programas nacionais para este setor, apoie a captação de investimento e promova a diplomacia económica e científica do setor.
- Existência de linhas de financiamento adequadas à dimensão do investimento, tempos de retorno e risco inerente às plataformas.

A nível técnico:

- Disponibilidade de recursos humanos, com formação (no contexto das instituições de ensino superior) e experiência (no contexto de projetos) adequadas às várias fases do processo de desenvolvimento de plataformas até à sua entrada em operação. Se a formação pode ser considerada adequada, as oportunidades para desenvolver experiência em Portugal são ainda reduzidas pela falta, até agora, de projetos complexos integradores de competências nacionais. A disponibilidade de recursos está ainda associada à capacidade de atração e, depois, de retenção de recursos humanos qualificados, sendo necessário ter em conta que o mercado de recursos humanos é global e extremamente competitivo.
- No dimensionamento e caracterização das plataformas, assumindo-se as entidades nacionais como integradores, passarão a interagir diretamente com os utilizadores para identificação de necessidades, e na sua transposição para requisitos operacionais e depois técnicos.
- Processos e sistemas de qualidade preparados, do ponto de vista legal e de responsabilidades para cumprir o enquadramento vigente no sector.

E a nível organizacional, associados essencialmente à nova posição de integrador:

- Desenvolvimento de novos modelos de risco considerando a componente organizacional.
- Acesso a capacidade e infraestruturas de testes no solo e dinâmicos para qualificação das plataformas.
- Acesso a infraestruturas para lançamento e operação das plataformas.
- Capacidade de fornecer produtos enquanto serviços, com impacto, maioritariamente, no modelo de financiamento dos investimentos e de negócio.

5.4 Dimensão 3: Infraestruturas



Fonte: ESA/Santa Maria-Açores

5.4.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

A existência de infraestruturas de serviços espaciais cria geralmente à sua volta um cluster de empresas que servem entidades que vão desde institutos de investigação a operadoras de satélites. Para além dos benefícios económicos evidentes, já que alguns dos serviços prestados são puramente comerciais, as infraestruturas têm um potencial muito elevado de retenção e especialização de recursos humanos, e são um motor de dinamização regional e de capacitação nacional. Os *drivers* para a decisão de instalação de uma infraestrutura são geralmente a necessidade de haver um certo tipo de serviço numa determinada localização geográfica – seja para alimentar uma cadeia de valor local (centros de testes) ou simplesmente porque o valor do serviço está precisamente em ser fornecido a partir dessa localização (e.g., estações de descarga de dados, *spaceport*, etc.).

Portugal tem já uma infraestrutura espacial operacional (e.g., estação de monitorização/seguimento e descarga de dados de satélite em Santa Maria, nos Açores) e outra em desenvolvimento (IP Sentinel), mas a evolução das tecnologias e programas espaciais proporciona agora oportunidades únicas para o fornecimento de outros serviços complementares, que podem ser mais competitivos e eficientes se feitos a partir de território nacional. Devem, pois, criar-se as condições que permitam a instalação de outras infraestruturas espaciais em Portugal, independentes ou em lógica de *hub*, que respondam aos desafios e necessidades nacionais, servindo ao mesmo tempo o futuro mercado global, fortalecendo os elos de cooperação internacional.

5.4.2 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos

O desenvolvimento e implementação do Sistema Copernicus da ESA e da Comissão Europeia tem gerado uma dinâmica que permitiu, direta ou indiretamente, a instalação ou o desenvolvimento de várias infraestruturas relacionadas com o programa em Portugal.

A Estação de Rastreamento de Satélites de Santa Maria, nos Açores, que iniciou operações em 2008, foi um marco na história do Espaço em Portugal. A antena faz o rastreamento de lançamentos feitos a partir de Kourou e começou por descarregar dados dos satélites *Envisat* e *Radarsat*, sendo hoje um dos nós mais

importantes do programa Copernicus, em apoio aos serviços da Agência Europeia de Segurança Marítima (EMSA).

A própria EMSA, com sede em Lisboa há pouco mais de 10 anos, tem sido também um agente dinamizador do sector em Portugal. Embora não seja uma infraestrutura de carácter 100% espacial, alguns dos serviços que presta aos Estados Membros da União Europeia têm por base tecnologia espacial (e.g., imagens de satélite para controlo de poluição e tráfego marítimos), e muitos destes serviços são assegurados por empresas – ou *staff* – nacionais.

Atualmente encontra-se em fase de construção o IP *Sentinel*, a plataforma local de distribuição de dados do Sistema Copernicus. Esta infraestrutura é da responsabilidade do IPMA e da DGT e atuará como uma via de acesso privilegiado aos dados dos satélites *Sentinel* para o território português e para a área de busca e salvamento no Atlântico sob a responsabilidade de Portugal.

Dos vários projetos Europeus nesta área liderados por entidades nacionais, destaca-se o *NEXTGEOSS*, o *datahub* europeu para o sistema *GEOSS – Global Earth Observation System of Systems*.

Uma lista não exaustiva de áreas com intervenção nesta dimensão é apresentada:

- Estão em operação infraestruturas de fabrico, integração, validação e testes, na vertente de validação e testes de componentes para satélites e lançadores, e na vertente de apoio ao fabrico e integração de estruturas.
- Em serviços de navegação, destaca-se a infraestrutura a instalação da GSS nos Açores, a *GALILEO SENSOR STATION*, que tem por objetivo monitorizar a qualidade do sinal e o posicionamento dos satélites Galileo.

5.4.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação

A conjuntura mundial, e em particular o ***New Space***, abre um campo de oportunidades imenso para a **existência de infraestruturas de prestação de serviços espaciais**. A explosão do desenvolvimento de satélites inferiores a 500Kg (**micro e nano-satélites**), para fins comerciais e científicos, e os novos modelos de negócio associados, trazem outras dinâmicas ao sector que se refletem em toda a cadeia de valor. Mais satélites implicam mais lançamentos, mais estações e mais dados, que por seu lado têm de ser entregues em quase tempo-real ao utilizador final.

Estes novos desafios implicam naturalmente novos métodos de fabrico, qualificação e integração, que permitam acelerar os ciclos de desenvolvimento, e lançamentos mais frequentes, com veículos mais pequenos – o que significa também novas infraestruturas para dar resposta aos novos requisitos técnicos. Por outro lado, **a quantidade de dados produzida aumentará as taxas que exigem novas tecnologias de processamento, arquivo, distribuição e análise, com novos serviços e modelos de negócio**.

Esta conjuntura, alinhada com o potencial de crescimento do próprio sector a nível nacional, patente nas várias iniciativas privadas no domínio da integração de satélites, de lançadores e do desenvolvimento de serviços, pode propiciar um **momento único para a implementação destas**

infraestruturas. Por outro lado, iniciativas como o **AIR Centre, nos Açores**, podem ser uma “âncora” para o desenvolvimento e agregação de serviços únicos e diferenciados que tirem partido da localização das ilhas.

Neste contexto, assumem um papel especial as seguintes áreas:

- **Serviços de Monitorização do Atlântico:** criar uma rede de serviços que suportem os utilizadores do Atlântico em várias vertentes (tráfego marítimo, pescas, poluição, estado do mar), suportados por plataformas dedicadas;
- **Monitorização de clima e tráfego espacial (SSA/SST):** o Atlântico Nordeste é uma das áreas ‘cegas’ para os vários centros mundiais de vigilância espacial. A instalação em território nacional de um centro de vigilância espacial pode contribuir em muito para melhorar as precisões e fiabilidade destes serviços ao nível mundial e é uma excelente oportunidade para cooperação internacional na área;
- **Navegação por Satélite:** estações GNSS para serviços de determinação de órbita para sistemas GNSS (GALILEO, GPS, outros);
- **Spaceport para lançamentos espaciais:** desenvolvimento e operação de um porto Espacial Europeu, que dê resposta às novas necessidades de mercado nesta área, definidas essencialmente por lançamentos mais frequentes de satélites mais pequenos e em órbitas além das tradicionais.

5.4.4 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

O sucesso da implementação destas infraestruturas depende principalmente da estabilidade e determinação do compromisso público, que assim asseguram as melhores condições de funcionamento. Para além da intervenção direta na gestão e utilização da própria infraestrutura, importa que as instituições públicas adotem as políticas e medidas necessárias que criam as condições para a atração de investimento privado e a fixação de empresas e outras entidades, criando as regulamentações necessárias e agilizando/ acelerando os processos de decisão.

O papel dos organismos públicos é também fundamental para assegurar a existência e retenção de recursos humanos altamente qualificados e com postura multidisciplinar na área da engenharia aeroespacial, mecânica, industrial, materiais, química e áreas afins.

Importa também que **o âmbito das infraestruturas seja definido de maneira a garantir que os serviços prestados são de facto diferenciados e competitivos a nível mundial**, potenciando ao mesmo tempo sinergias com a capacidade nacional existente. Estas infraestruturas devem ser entendidas como pólos de crescimento do tecido espacial nacional, procurando sempre uma articulação entre a indústria e a academia, para maior eficiência na utilização de recursos e resultados mais amplos.

5.5 Dimensão 4: Serviços



Fonte: ESA/Tracking containers from Space

5.5.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Os serviços downstream definem-se como sendo os serviços e aplicações que apenas são possíveis e só existem devido a tecnologias espaciais. Nos últimos anos tem-se assistido a um aumento destas aplicações em resposta a problemas específicos em vários sectores económicos e sociais e muitos serviços públicos são já assegurados na sua totalidade por estas tecnologias. A TV por satélite, serviços de localização, previsões meteorológicas, monitorização de tráfego marítimo, deteção de *oil spills* e planeamento urbano são exemplos da ampla gama de serviços existentes hoje em dia. Por outro lado, a tendência também é que o próprio dado não seja um produto *per se*, mas sim um *input*, uma *commodity*, para outros serviços (e.g., *hedge funds*).

A provisão destes serviços começou por ser, na sua maioria, da responsabilidade de instituições públicas, nacionais ou europeias, no entanto, **atualmente o mercado comercial é muito expressivo, e as perspetivas de crescimento são gigantescas nas três grandes áreas de aplicações: telecomunicações, navegação e Observação da Terra.**

Muito se tem especulado sobre o potencial de crescimento destes serviços, cujo crescimento e adoção tem na verdade sido mais lento que o previsto. Várias razões podem ser apontadas, mas a principal está quase sempre associada ao próprio custo dos serviços, consequência dos elevados custos de desenvolvimento das missões. Por outro lado, muitos dos conceitos só se consolidaram os últimos anos, assim como o *spin-off* de tecnologia militar para o uso civil.

O *New Space surge* com o interesse e envolvimento privados no acesso ao Espaço, com modelos de negócio distintos aos tradicionais. Estes modelos de negócio baseiam-se em satélites menos pesados, organizados em constelações e megaconstelações em órbitas mais baixas, para maior revisita. São na sua maioria satélites com menos de 500Kg, que beneficiam da miniaturização e da utilização de componentes *off-the-shelf (COTS)* e de eletrónica de consumo, com processos de fabrico herdados muitas vezes de outros sectores, como aeronáutica e automóvel. A quantidade de lançamentos tem vindo também a aumentar exponencialmente, diminuindo por outro lado os custos de acesso ao Espaço, um dos antigos fatores proibitivos deste sector.

Esta mudança de paradigma está a provocar uma verdadeira revolução em toda a cadeia de valor do desenvolvimento espacial – e espera-se que o maior impacto se faça sentir no fim da cadeia, junto do utilizador final, no desenvolvimento dos serviços.

Embora o aparecimento destas megaconstelações não garanta por si só a evolução do mercado, a verdade é que o seu foco na revisita temporal pode impulsionar novas aplicações que necessitem de revisita diária em alta resolução (no caso de Observação da Terra). Um dos entraves ao sucesso destes serviços tem sido muitas vezes a frequência de dados (diminuída pelos tempos de revisita ou a cobertura de nuvens), que pode ser aumentada pelo número de satélites em órbita. Outras aplicações saem beneficiadas também, como serviços baseados em localização e defesa, em que uma rápida deteção de alterações seja necessária.

Um dos grandes desafios será a capacidade de processamento e armazenamento dos dados que se venham a produzir com o aumento de satélites e sensores em órbita – que aliás é já hoje uma realidade. A ESA prevê que cada missão Sentinel possa produzir anualmente 1.5 petabytes (1.5×10^{15}) de dados e é necessário conseguir extrair benefícios e valor da quantidade de dados produzida.

O sucesso dos serviços depende agora não só de encontrar novos utilizadores e novas necessidades em outros sectores, mas também de como se comercializam. A digitalização é, portanto, fundamental, sendo necessárias novas ferramentas de processamento, análise e distribuição de dados.

O grande desafio para Portugal será conseguir posicionar-se como fornecedor de tecnologias – ou de serviços, que se enquadrem nestas tendências. Para tornar este esforço mais eficiente, deveria identificar-se (e.g., através de um estudo exaustivo de mercado) quais as necessidades de serviços de base espacial em Portugal, ou para que serviços Portugal pode contribuir de maneira diferenciada e única.

5.5.2 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos

Nos últimos dez anos, assistiu-se por um lado à evolução e consolidação dos serviços de telecomunicações e à emergência da componente comercial dos serviços de Navegação e Observação da Terra.

Na área de Observação da Terra, os últimos 10 anos foram marcados essencialmente pela crescente democratização dos dados de satélite. Para além do número cada vez maior de satélites e sensores em órbita, plataformas como o Google Earth impulsionaram como nunca novos usos e aplicações, para além de tornarem a tecnologia acessível ao cidadão comum, que a adotou como parte integrante do seu dia-a-dia (entretenimento, navegação, etc.)

Na navegação por satélite assistiu-se ao mesmo fenómeno, talvez de uma maneira mais intensa, ainda que menos visível. O sinal de navegação é hoje uma *commodity*, alimenta inúmeros serviços e foi o responsável pelo surgimento de novos modelos de negócio revolucionários em áreas como dos transportes: empresas como a UBER não existiriam sem GNSS.

Nas telecomunicações, notou-se o aumento exponencial da cobertura e da largura de banda. Embora o conceito *digital divide* seja ainda uma realidade, são hoje inúmeros os serviços que dependem

inteiramente das comunicações por satélite (TV, internet, serviços móveis, etc.), e o mercado das aplicações tem-se focado essencialmente em Gestão de Crises e Emergências, Energia, Telemedicina, Educação e *E-government*.

Em Portugal, a área que mais se destacou nos últimos anos a nível de serviços é, sem dúvida, área de serviços de observação da Terra. A adesão ao programa da Observação da Terra em 2005, em particular ao Programa GMES Space Component, permitiu a integração de algumas entidades nacionais na definição do que seria o embrião dos serviços Copernicus. Por outro lado, as sinergias com a EUMETSAT e com os programas de I&D da Comissão Europeia permitiram que Portugal seja hoje uma referência ao nível das tecnologias de processamento e distribuição de dados para a Observação da Terra:

- Fornece operacionalmente serviços de poluição e monitorização de tráfego marítimo ao programa Copernicus e à EMSA;
- A Estação de Recepção de dados em Santa Maria é hoje uma estação que desempenha um papel essencial no *downlink* e distribuição de dados para o programa Copernicus;
- O IPSentinel;
- É responsável pela LANDSAF, uma das infraestruturas da EUMETSAT para produção e distribuição de dados de monitorização do solo;
- Lidera hoje o desenvolvimento de uma das plataformas mais importantes de distribuição de dados da Comissão Europeia, o NEXTGEOSS, como parte do seu esforço no programa GEOSS.

Em navegação, Portugal tem desenvolvido essencialmente tecnologias de recetor, havendo já produtos muito próximos do mercado nesta área, em fase de testes para variadas aplicações.

5.5.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação

Uma **monitorização contínua e adequada do Atlântico** é uma das necessidades geoestratégicas e políticas de Portugal. **A utilização de ferramentas de base espacial para esta monitorização** pode ser uma **excelente oportunidade para Portugal** se posicionar **como fornecedor de serviços Atlânticos ao nível mundial, tendo em conta também o posicionamento estratégico dos Açores e da Madeira**. Serviços como a monitorização contínua de tráfego marítimo, poluição e controlo de pescas, por exemplo, fazem uso não só das imagens, mas também das telecomunicações e navegação por satélite, e servem inúmeras instituições internacionais, europeias e mundiais (a EMSA é um exemplo). Por outro lado, há também outro tipo de serviços, como sejam os **serviços de monitorização dos objetos em órbita da Terra** (e.g., *Space Surveillance and Tracking - SST*) que podem beneficiar do posicionamento geográfico e único dos Açores e da Madeira.

A identificação de novos grupos de utilizadores ou atividades é outro dos grandes desafios; **encontrar outros sectores que possam beneficiar destes serviços**, dando ênfase ao serviço de valor acrescentado que se pode construir com os dados de satélite. Integrar os dados de satélite em plataformas multifunções ou usá-los para que possam alimentar outros serviços parece ser uma das tendências de evolução, com casos de sucesso já provados em áreas tao distintas como o

entretenimento, a medicina ou a gestão de valores.

Ao nível de tecnologias de Observação da Terra, os desafios prendem-se com o **Big Data e ferramentas de processamento baseadas na Cloud**, assim como **modelos avançados de Machine Learning para análise de dados**. Estas dependem significativamente de financiamento público, pelo que devem ser reforçados os programas de I&D nesta área e reforçadas as colaborações internacionais.

Por outro lado, o aumento de revisita temporal previsto pelas futuras constelações de satélites enaltecem a necessidade de mais estações de Terra/solo, para assegurar uma maior cobertura e *downlink* mais rápido de dados para alimentar os serviços.

Ao nível da navegação por satélite, o grande desafio ligado aos serviços baseados em localização continua a ser a **normalização e a miniaturização dos recetores**, que facilitem a interface com várias plataformas e facilitem o **desenvolvimento de aplicações para smartphones**, etc. Por outro lado, o início do *Public Regulated Service* – PRS, traz tantas oportunidades como desafios às instituições nacionais: a miríade de serviços e atividades que podem beneficiar deste serviço são imensas, mas implicam um grande empenho das instituições públicas envolvidas (forças de segurança, autoridade marítima, navegação aérea) e um envolvimento forte entre estas e a comunidade espacial nacional para a definição de requisitos detalhados dos serviços que possam vir a beneficiar. Ao nível dos transportes, a condução assistida e autónoma é outra área emergente, assim como a localização contínua de objetos e pessoas e o *indoor positioning*.

Ao nível das telecomunicações, o desafio genérico parece ser ainda a cobertura e acessibilidade para conseguir maior desempenho, essencialmente em plataformas móveis como barcos e aviões. Mais tecnologias de processamento de sinal para facilitar e agilizar o segmento de utilizador são outra necessidade. A chamada 'Mobilidade Conectada' para os transportes é uma das grandes tendências na área das comunicações em geral, e o posicionamento que as telecomunicações por satélite possam vir a ter, assim como a inclusão de comunicações por satélite nas redes 5G.

Ao nível de serviços, transportes, entretenimento, transmissão multimédia, e-health, educação, segurança e gestão de desastres são as áreas emergentes para as telecomunicações por satélite.

Outras oportunidades genéricas prendem-se com novos tipos de serviços, ainda em fase de conceito:

- Exploração e colonização do Espaço: algumas empresas americanas já divulgaram as suas estratégias nesta área, e as primeiras colónias de humanos na Lua e em Marte podem acontecer nesta próxima década;
- Serviços de lançamento e acesso ao Espaço;
- Serviços de Turismo Espacial;
- Exploração de recursos planetários;
- Serviços *in-orbit*;

5.5.4 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

Um dos fatores determinantes para o desenvolvimento de serviços prende-se com o *uptake* das tecnologias espaciais pelos utilizadores institucionais. Importa que o valor das tecnologias seja percebido e que se criem as condições para esta utilização, o que passa não só pela reorientação de programas e políticas, mas também por uma potencial agregação de interesses sectoriais em volta de uma determinada tecnologia, de maneira a maximizar os investimentos.

A existência e participação em programas de I&D internacionais são essenciais para conseguir o nível de inovação necessário para ultrapassar os desafios do *Big Data* e conseguir extrair o máximo valor possível da informação. Programas temáticos focados nas tecnologias ou no desenvolvimento de novos serviços, transetoriais, com estímulos à participação de *startups*, são determinantes para o sucesso deste segmento.

PARTE III

Conclusões

Capítulo 6 - A Agenda Estratégica de Investigação e Inovação para o Espaço e Observação da Terra

A Agenda de Investigação e Inovação para o Espaço e Observação da Terra tem como “macro” desafio contribuir para a resposta ao desígnio adoptado para o Espaço em Portugal no horizonte de 2030 enunciado na “Estratégia Portugal Espaço 2030 – Uma Estratégia de Investigação, Inovação e Crescimento para Portugal”⁴⁷, i.e., de promover o progresso social e económico do país e a segurança internacional através, nomeadamente, da sua “participação” para a solução dos desafios sociais.

A Agenda – estruturada em dois eixos: 1) eixo da investigação, organizado segundo os domínios determinantes da investigação sobre o Espaço: Ciências do Universo, Tecnologias para o Espaço e Observação da Terra; e 2) eixo da inovação na indústria, organizado segundo as tecnologias e as aplicações que integram a cadeia de valor do ecossistema – visa potenciar em cada um dos subtemas os desenvolvimentos já atingidos, permitindo identificar novas oportunidades de cooperação institucional, e ilustrar a sua contribuição para a abordagem dos desafios sociais.

6.1 A Agenda e a Sociedade

O Espaço e as tecnologias que lhe estão associadas são hoje reconhecidas como tendo um contributo importante para o progresso social, económico e segurança da sociedade, nomeadamente devido à transferência de competências entre o sector e outras áreas da sociedade, permitindo a sua utilização em áreas tão diversas como a protecção do ambiente, a informação meteorológica, o ordenamento do território, o desenvolvimento urbano, os transportes e a mobilidade, a agricultura, as pescas, a prevenção e detecção de fogos, a protecção civil, a monitorização de infraestruturas, a defesa, o controlo de fronteiras, a segurança e a saúde pública, entre outras.

A Agenda de Investigação e Inovação do Espaço e Observação da Terra insere-se neste âmbito, ou seja, como suporte e promotora das tecnologias espaciais como incontornáveis para o futuro de Portugal, justificando o investimento nas ciências do Espaço e da Terra e sua capitalização através da inovação tecnológica em subdomínios complementares como a robótica, materiais e estruturas, telecomunicações, tecnologias de controlo e sensores. Mas, também, como promotora de actividades no domínio da observação da Terra contribuindo para o estudo e monitorização dos vários processos físicos, químicos e biológicos do nosso Planeta e para a averiguação de informação fundamental sobre o sistema climático e suas alterações, com implicações directas na vida dos cidadãos e na sociedade em geral.

6.2 As áreas estratégicas para a Investigação e a Inovação no Espaço até 2030

Os desafios e objectivos identificados como estratégicos, no horizonte de 2030, alicerçam-se na existência de massa crítica, na capacidade instalada e nas oportunidades que as medidas de política anunciadas e/ou já em implementação possam vir a suscitar.

Na sua apresentação são também expressos os eventuais contributos/impactos da integração do conhecimento científico e tecnológico e da inovação, e dos serviços prestados pelo Espaço no quotidiano dos cidadãos, das empresas e da sociedade em geral.

A investigação no âmbito das **CIÊNCIAS DO UNIVERSO** apresenta uma vitalidade excepcional traduzida em fortes competências e elevado nível de internacionalização, i.e., condição essencial para a construção e consecução de um plano estratégico para o futuro.

Portugal tem acompanhado o desenvolvimento que se tem registado nesta área do conhecimento em resultado, designadamente, da adesão e participação na ESA e no ESO, criando as condições para o surgimento de uma comunidade de jovens cientistas de craveira internacional.

A comunidade científica das Ciências do Universo tem também tido ao longo do seu desenvolvimento como um dos seus objectivos principais o desenvolvimento de actividades de divulgação científica e da comunicação contribuindo para o reforço da literacia científica do cidadão. Para tal contribuiu a constituição de equipas multidisciplinares de comunicação de Ciências – associadas a institutos de I&D na área das Ciências do Universo – que, conjuntamente com os Planetários têm estado envolvidas na gestão de equipamentos centrais de divulgação e na oferta diversificada de actividades de apoio ao ensino e à popularização de ciência; e cuja acção esteve na génese do primeiro Centro Ciência Viva, criado pelo Prof. Mariano Gago.

As áreas em que Portugal apresenta cumulativamente maior massa crítica e qualidade científica capazes de sustentar um desenvolvimento a longo prazo de elevado valor científico e impacto internacional, são:

- “Sistemas planetários” (incluindo o sistema solar e exoplanetas);
- “Estrelas e sistemas estelares”;
- “Formação e evolução de galáxias”;
- “Astrofísica de altas energias e astro-partículas” e “Matéria escura e energia escura” (nos aspectos comuns com astro-partículas);
- “Astrofísica relativista” e “Astronomia gravitacional”; e
- “Cosmologia” e “Matéria escura e energia escura” (nos aspectos comuns com cosmologia).

Todavia, converge também para o sucesso/desenvolvimento da Agenda de Investigação a existência de iniciativas da comunidade internacional das Ciências do Universo e implementação das mesmas através de projectos e programas, sustentados em novas infraestruturas planeadas e em construção. **A participação no ELT, em construção pelo ESO, será fundamental para assegurar o retorno científico da participação nacional na próxima década.** O incremento da participação tecnológica e empresarial no âmbito de projectos científicos afigura-se fundamental para capacitar e aumentar a importância da

comunidade científica nos consórcios assim como a gama de participação das referidas comunidades no sector do Espaço.

Quanto à **Astronomia Gravitacional**, em particular, é **importante** que o **país** possa reforçar a sua capacidade de intervenção, participando em programas como a missão LISA da ESA – **participante activo na construção e desenvolvimento do satélite LISA** – como foco de longo prazo para a área. Nesse sentido é essencial a constituição de uma rede nacional, integrando as comunidades científicas das Ciências do Universo e da Tecnologia e também a indústria.

Existem ainda outras áreas igualmente muito importantes, ainda sem massa crítica, mas que podem ser desenvolvidas no futuro, das quais se salientam a:

Meteorologia Espacial - pelo enorme potencial para a transferência de conhecimento para actividades sociais e económicas. O conhecimento e estudo do *Spaceweather*, e especialmente o aperfeiçoamento da capacidade preditiva de acontecimentos extremos, é fundamental para proteger a infraestrutura terrestre, a par do desenvolvimento de estratégias de mitigação deste tipo de ocorrência.

Astrobiologia - pelo grande potencial de expansão internacional e nacional. Esta área reforça a base de apoio das Ciências do Universo (Física/Engenharia) com investigadores/docentes provenientes de outras áreas (e.g., Bioengenharia, Química, Biologia e Geologia).

Mas, a concretização do desenvolvimento perspectivado está dependente da:

- integração nas grandes agendas internacionais, nomeadamente da Comissão Europeia e dos países que a nível internacional desempenham um papel de liderança nas várias áreas relacionadas com as Ciências do Universo;
- ligação aos planos já estabelecidos para as grandes instituições internacionais em que Portugal participa⁵⁵, em particular a Agência Espacial Europeia (ESA) e o Observatório Europeu do Sul (ESO);

No quadro das **TECNOLOGIAS PARA O ESPAÇO**, a criação de condições para a **integração de contributos das várias áreas tecnológicas** – designadamente, da dinâmica espacial, materiais e estruturas avançadas, controlo e robótica, telecomunicações, sensores e meios de ensaio, e processamento de dados – e **inserção dos mesmos nas áreas de Observação da Terra e das Ciências do Universo** é uma **condição primordial para a optimização do investimento que tem vindo a ser feito em I&D&I**, permitindo utilizar o conhecimento adquirido em novas aplicações a veículos e sistemas espaciais (lançadores, satélites e sondas espaciais).

O desenvolvimento atingido tem sido “construído” no quadro de contratos celebrados com a ESA, nomeadamente, na preparação de missões científicas, na análise de dados de missões e instrumentos e plataformas, e também no âmbito da participação nos instrumentos ESO, onde existe uma vasta experiência de excelência demonstrada na área da instrumentação.

⁵⁵ A participação nacional, designadamente em missões científicas da ESA e do ESO que envolvam também a comunidade científica das Tecnologias e a indústria são um contributo para o aumento da capacitação e da importância da comunidade científica nos consórcios.

Mas a capacitação científica e tecnológica das “Tecnologias para o Espaço” não se esgota na participação em missões científicas, traduz-se também na vasta aplicação ao sector dos satélites, tanto na área das telecomunicações, como da observação da terra e da navegação.

O **projecto INFANTE** – exemplo paradigmático da capacitação científica e tecnológica nacional, resultante da integração das competências adquiridas com a capacidade de inovação já atingida pela indústria portuguesa – é uma iniciativa de I&D para o desenvolvimento e demonstração em órbita de um microsatélite, como precursor de constelações para aplicações marítimas.

Também a **extensão da plataforma continental de Portugal irá colocar desafios e objectivos futuros ao nível de avanços técnicos e científicos pela decorrente monitorização de uma vasta área do Atlântico**, exigindo medições em larga escala, temporal e espacial, com a conseqüente necessidade de comunicação e processamento de um volume substancial de dados, só possível, mediante uma rede integrada de veículos marinhos e aéreos autónomos, bem como de constelações de pequenos satélites. Coordenação que implica desenvolvimento e implantação de tecnologias de controlo, telecomunicações, sensores e processamento da grande quantidade de dados gerados, incluindo utilização de técnicas de processamento de sinais, que funcionem de forma integrada.

Aumentar a capacidade instalada de tratamento dados – cada vez mais importante à medida que se acumulam dados de missões e instrumentos diversos, quer sejam científicos, orbitais e de *housekeeping* indispensáveis ao controlo de satélites e missões, ou na integração e utilização pela comunidade de dados de “Observação da Terra” – é um **desafio** evidente **para o presente e para o futuro próximo**.

Assim, os **desafios e objectivos até 2030** são:

- participação nas missões científicas da ESA e do ESO, com uma abordagem sinérgica quer de desenvolvimentos tecnológicos e tecnologia nacional, quer com a participação nacional nas equipas científicas das missões potenciando a visibilidade e capacidade nacional;
- potenciação das áreas emergentes, como desenvolvimento de sistemas de micro e nano satélites, em constelações, relevantes para missões de observação da terra e aplicações marítimas;
- promoção do uso das infraestruturas tecnológicas e de testes existentes no país, potenciando a sua utilização para novos desenvolvimentos tecnológicos, e pela comunidade científica internacional;
- utilização das infraestruturas científicas internacionais no âmbito das Ciências do Universo e da Observação da Terra.

Face à capacidade instalada/existente, prevê-se que Portugal possa contribuir nas seguintes áreas tecnológicas na próxima década:

- Dinâmica Espacial;
- Materiais e Estruturas;
- Controlo e Robótica;
- Telecomunicações;
- Navegação por Satélite;

- Integração de Subsistemas e Sistemas;
- Sensores e Meios de Ensaio;
- Processamento de Dados;
- Estudo e aplicações para o ambiente de radiação no espaço; e
- Instrumentação para Ciências do Universo e Observação da Terra.

Porém, são também requisitos importantes para o desenvolvimento futuro:

- a promoção da capacidade instalada no sector mediante formas de organização impulsionadoras da colaboração das Instituições, entre si, e destas com a indústria nacional, e também da sua internacionalização, via colaborações alargadas e/ou em missões;
- a constituição de um Laboratório Colaborativo⁵⁶ – como uma excelente oportunidade para criar massa crítica que permita dar coerência às competências existentes, e de as contextualizar no âmbito dos veículos e sistemas espaciais;
- a criação e funcionamento do Centro Internacional de Investigação do Atlântico (*Atlantic International Research Center (AIR Center)* – em articulação com o Programa Internacional do Atlântico para o Lançamento de Satélites (*ATLANTIC ISLP*)^{43 44} – proporcionando oportunidades de *spin-in/out* entre aplicações espaciais, aéreas e marinhas de sistemas robóticos, em missões de exploração científica; e
- a criação da Agência Espacial Portuguesa (*Portugal Space*)⁵⁷, albergando a ESA, ESO e outros projectos Big Science, permitindo o estabelecimento de uma rede de comunicação e de colaboração entre todos os intervenientes do sector – academia, institutos de investigação e indústria – como contributo fundamental para alcançar os objectivos e ultrapassar as condições anteriormente referidos/as.

Os satélites de **OBSERVAÇÃO DA TERRA** constituem uma das principais fontes de dados sobre o nosso Planeta. A cobertura espaço-temporal facultada por observações de satélite permite estimar variáveis relacionadas com as superfícies terrestres e oceânicas, úteis para uma efectiva monitorização ambiental em sentido lato. Tendo em consideração o crescimento da quantidade, qualidade e variedade de observações a explorar, perspectivado para os próximos 10 a 15 anos, é possível afirmar-se que a detecção remota será, certamente, o principal meio de recolha de dados sobre o nosso Planeta.

A sua utilização, designadamente, na previsão do tempo é um dos pilares do grande salto qualitativo das previsões meteorológicas dos últimos anos. Todavia, o potencial dos dados de Observação da Terra para estudos e monitorização do Clima é um tema ainda em expansão e tem estado na base de vários programas internacionais.

Novos sensores – activos e passivos – irão abrir novas oportunidades para estimar variáveis de superfície (temperatura, fluxos radiactivos e de energia, parâmetros relacionados com o estado e stress hídrico da vegetação, ou produtividade primária); desenvolvimento de estudos sobre a sensibilidade dos *modelos de previsão* numérica de tempo; e desenvolvimento de novos algoritmos e metodologias, são

⁵⁶ CoLAB Atlantic – Laboratório Colaborativo para o Atlântico – Espaço, clima e oceanos, já homologado.

⁵⁷ Criada em 13 Março de 2019, RCM nº 55/2019 (ver: 3.2)

alguns dos desafios e oportunidades que se irão colocar à investigação no âmbito da Observação da Terra.

O **desenvolvimento e sustentabilidade das actividades de I&I futuras**, em Observação da Terra, está **dependente** de um **conjunto de condições**, das quais se salienta:

- a boa coordenação entre Universidades, Centros/Instituições de Investigação, centros envolvidos no processamento de observações, e o sector privado;
- o envolvimento dos utilizadores/*stakeholders* para a promoção da utilização dos dados de satélite (detecção remota); e
- a existência de dados *in situ* para validação de variáveis estimadas remotamente assim como para apoio a novos algoritmos e metodologias.

A **INOVAÇÃO TECNOLÓGICA** tem sido a actividade estruturante do sector Espaço em Portugal e está na base dos processos de especialização e de crescente integração que irão definir a indústria do Espaço durante os próximos 15 anos.

Os anos de investimento no sector/Espaço, principalmente através da participação na ESA, criaram experiência e capacidades científicas, tecnológicas, industriais e operacionais, reconhecidas internacionalmente, e estabelecem a base para apostar na entrada e na subida nas cadeias de valor globais do sector – As tecnologias nacionais *space-qualified* e as actividades espaciais lideradas pela indústria portuguesa são cada vez mais complexas e abrangentes.

Os objectivos e desafios tecnológicos identificados assentam numa abordagem baseada na capacidade nacional existente e nas oportunidades e desafios em cada “patamar” da dimensão tecnológica, com o intuito de potenciar a participação e a subida da indústria nacional nas cadeias de valor internacionais, assumindo-se como dinamizadora e integradora dos sistemas Espaciais até 2030.

Os maiores desenvolvimentos ao longo dos últimos anos têm sido na dimensão de **subsistemas**, no domínio dos instrumentos, dos sistemas de comunicações e de controlo, e dos materiais e estruturas.

O principal objectivo nesta dimensão é a **geração de propriedade intelectual e o desenvolvimento de produtos diferenciadores para o mercado internacional a partir das competências e tecnologias existentes no nosso país**.

Os desafios associados a este objectivo prendem-se com a evolução de um paradigma de protótipo para um paradigma de produto. Alguns desafios tecnológicos específicos dos **Sistemas e Equipamentos** são:

- utilização de novos materiais e de processos de fabrico aditivos para aumento do desempenho;
- desenvolvimento de processos avançados de fabrico de estruturas metálicas e em compósitos;
- substituição de produtos químicos tóxicos;
- desenvolvimento de novos materiais para aumentar e/ou multiplicar o desempenho das estruturas mantendo ou reduzindo o seu peso;
- redução da obsolescência de várias matérias-primas;
- aumento da padronização de alguns componentes ou subsistemas;

- aumento da base de conhecimento em vários processos de fabrico críticos, nomeadamente modelização; e
- aumento da maturidade tecnológica dos novos materiais e processos.

A capacidade existente em Portugal para abordar a dimensão **Plataformas** é emergente e vem da experiência nos Sistemas e Equipamentos. No contexto da Agenda consideram-se: satélites, lançadores, veículos e estações espaciais.

A amplitude dos desafios associados à integração de Plataformas como satélites, veículos e estações espaciais requer um conhecimento aprofundado dos ciclos de desenvolvimento, das tecnologias que os integram e uma dinâmica intensa de colaboração, para partilha de risco e aceleração do processo de desenvolvimento, qualificação e operacionalização de tecnologia.

O principal objectivo nas Plataformas é a integração do país no mercado internacional, associada à capacidade de desenvolver, produzir, integrar, testar e qualificar satélites, veículos e estações espaciais, de forma competitiva.

Alguns **desafios tecnológicos** específicos da integração de plataformas são:

- utilização de novos materiais e de processos de fabrico aditivos para redução do peso das estruturas;
- utilização de materiais, combustíveis e comburente mais eco sustentáveis – no processo de fabrico de subsistemas e da operação – e com menor impacto na formação de lixo espacial;
- miniaturização, redução de consumo energético e multi-funcionalização de subsistemas electrónicos;
- desenvolvimento de estruturas modulares e adaptáveis;
- aumento da resistência à radiação espacial e a amplitudes térmicas muito severas;
- adaptação e aceleração dos processos de industrialização, montagem, integração, teste e qualificação para lançamento e operação.

As **oportunidades identificadas**, no actual contexto da indústria espacial e do estado de desenvolvimento da base tecnológica e industrial nacional, **são**:

- satélites de pequena dimensão para operar em constelação no âmbito de missões de Observação da Terra e Comunicações, nomeadamente, no apoio à gestão do território ou a aplicações marítimas, dinamizadas no quadro do AIR Centre;
- micro-lançadores para lançamento de pequenos satélites, no contexto de parcerias com actores internacionais, nomeadamente no âmbito do *Atlantic ISLP* - porto espacial na ilha de Santa Maria nos Açores; e
- Foguete-sonda para investigação, a partir dos desenvolvimentos associados ao micro-lançador.

As **Infraestruturas de serviços espaciais** têm um potencial muito elevado de retenção e especialização de recursos humanos e são um motor de dinamização regional e de capacitação nacional.

Não obstante Portugal possua já uma infraestrutura espacial operacional (estação de Santa Maria) e tenha outra em desenvolvimento (IP Sentinel), **a evolução das tecnologias e dos programas espaciais**

vêm agora proporcionar **oportunidades únicas para o país** se posicionar como **fornecedor de outros serviços complementares, mais competitivos e eficientes**.

A conjuntura mundial, e em particular o *New Space*, abre um vasto campo de oportunidades para a existência de infraestruturas de prestação de serviços espaciais. A explosão do desenvolvimento de micro e nano-satélites para fins comerciais e científicos, e os novos modelos de negócio associados, trazem outras dinâmicas ao sector que se reflectem em toda a cadeia de valor.

Os novos desafios implicam novos métodos de fabrico, qualificação e integração, i.e., novas infraestruturas para responder aos novos requisitos técnicos. A quantidade de dados produzidos exigirá novas tecnologias de processamento, arquivo, distribuição e análise, com novos serviços e modelos de negócio.

A operacionalização e funcionamento do AIR Centre configura-se uma “âncora” para o desenvolvimento e agregação de serviços únicos e diferenciados, designadamente nas seguintes áreas:

- serviços de monitorização do Atlântico: (tráfego marítimo, pescas, poluição, estado do mar);
- monitorização de clima e tráfego espacial;
- navegação por Satélite; e
- porto espacial para lançamento de satélites.

Os **Serviços downstream** – prestação de serviços com base em infraestruturas existentes e nos sistemas integrados – são serviços e aplicações apenas possíveis devido às tecnologias espaciais desenvolvidas.

Nos últimos anos tem-se assistido a um aumento destas aplicações em resposta a problemas específicos em vários sectores económicos e sociais e muitos serviços públicos são já assegurados na sua totalidade por estas tecnologias.

A provisão destes serviços e as perspectivas de crescimento são gigantescas em três grandes áreas de aplicação:

- ✓ telecomunicações;
- ✓ navegação; e
- ✓ Observação da Terra.

A mudança de paradigma associada ao *New Space* está a provocar uma revolução em toda a cadeia de valor do desenvolvimento espacial, e espera-se que o maior impacto se faça sentir no desenvolvimento dos serviços.

Um dos **grandes desafios** será a **capacidade de processamento, distribuição e armazenamento dos dados** que se venham a produzir com o aumento de satélites e sensores em órbita.

A digitalização é fundamental, sendo necessárias novas ferramentas de processamento, análise e distribuição de dados.

O grande desafio para Portugal será conseguir posicionar-se como fornecedor de tecnologias ou de serviços, que se enquadrem nestas tendências.

A utilização de ferramentas de base espacial para monitorização contínua e adequada do Atlântico é uma excelente **oportunidade** para **Portugal** se posicionar como **fornecedor de serviços no Atlântico a nível mundial**, tais como:

- ✓ monitorização contínua de tráfego marítimo;
- ✓ poluição e controlo de pescas;
- ✓ serviços de monitorização dos objectos em órbita da Terra.

A identificação de novos grupos de utilizadores ou actividades é outro dos grandes desafios. De igual modo a integração dos dados de satélite em plataformas multifunções ou a sua utilização para alimentar outros serviços são oportunidades que se perspectivam, com sucesso já provado em áreas como o entretenimento, a medicina ou a gestão de valores.

Ao nível de tecnologias de Observação da Terra, os desafios prendem-se com o *Big Data* e as ferramentas de processamento baseadas na *Cloud*, assim como com os modelos avançados de *Machine Learning* para análise de dados.

Ao nível da navegação por satélite, o grande desafio dos serviços baseados em localização continua a ser:

- ✓ a normalização e
- ✓ a miniaturização dos receptores, que facilitem a interface com várias plataformas e facilitem nomeadamente o desenvolvimento de aplicações para *smartphones*.

O início do *Public Regulated Service* (PRS) traz tantas oportunidades como desafios às instituições nacionais. Todavia, implicam um grande empenho das instituições públicas envolvidas (forças de segurança, autoridade marítima, navegação aérea) e um envolvimento forte entre estas e a comunidade espacial nacional para a definição de requisitos detalhados dos serviços que possam vir a beneficiar.

Ao nível dos transportes, a condução assistida e autónoma é outra área emergente, assim como a localização contínua de objectos e pessoas e o *indoor positioning*.

Ao nível das telecomunicações, o desafio genérico é ainda a cobertura e acessibilidade para obter maior desempenho, essencialmente em plataformas móveis como barcos e aviões. Todavia, o desenvolvimento de mais tecnologias de processamento de sinal é outra necessidade.

A “Mobilidade Conectada” para os transportes, na área das comunicações em geral, assim como o posicionamento das telecomunicações por satélite e a inclusão de comunicações por satélite nas redes 5G são grandes tendências que se avizinham.

Ao nível de serviços as áreas emergentes para as telecomunicações por satélite são:

- ✓ transportes;
- ✓ entretenimento;
- ✓ transmissão multimédia;
- ✓ *e-health*;
- ✓ educação;
- ✓ segurança; e
- ✓ gestão de desastres.

Outras oportunidades genéricas prendem-se com novos tipos de serviços, ainda em fase de conceito:

- ✓ Exploração e colonização do Espaço;
- ✓ Serviços de lançamento e acesso ao Espaço;
- ✓ Serviços de Turismo Espacial;
- ✓ Exploração de recursos planetários;
- ✓ Serviços *in-orbit*.

Ao longo do texto foram apresentadas, em cada um dos subtemas da Agenda, condições cujo cumprimento ainda que necessário, não é suficiente, para o alcance e concretização dos objectivos e das propostas enunciados/as.

Existe ainda um outro conjunto de condições cujo preenchimento é considerado crítico – transversais a todos a todos os temas – para assegurar a sustentabilidade do desenvolvimento futuro do sector do Espaço e Observação da Terra, a saber:

- enquadramento institucional, perene aos ciclos políticos, que assegure a continuidade dos programas nacionais, apoie a captação de investimento e promova a diplomacia económica e científica;
- existência de uma estratégia nacional e respectivo plano de implementação, evolutivos, competitivos e em sinergia com a ESA, ESO, Comissão Europeia e grandes parceiros industriais;
- estabilidade, previsibilidade e transparência do sistema público de apoio financeiro e estrutural à investigação e às fases preliminares de desenvolvimento tecnológico. Acesso a financiamento privado nas fases mais operacionais;
- políticas e medidas de política para atracção de investimento privado e fixação de empresas e outras entidades;
- formação de recursos humanos avançados, mecanismos de desenvolvimento de experiência e de retenção de cientistas e engenheiros experientes e/ou com capacidade de liderança; e
- articulação reforçada entre as empresas, a academia, os *stake-holders*, os utilizadores finais, para maior eficiência na utilização de recursos e resultados mais amplos.

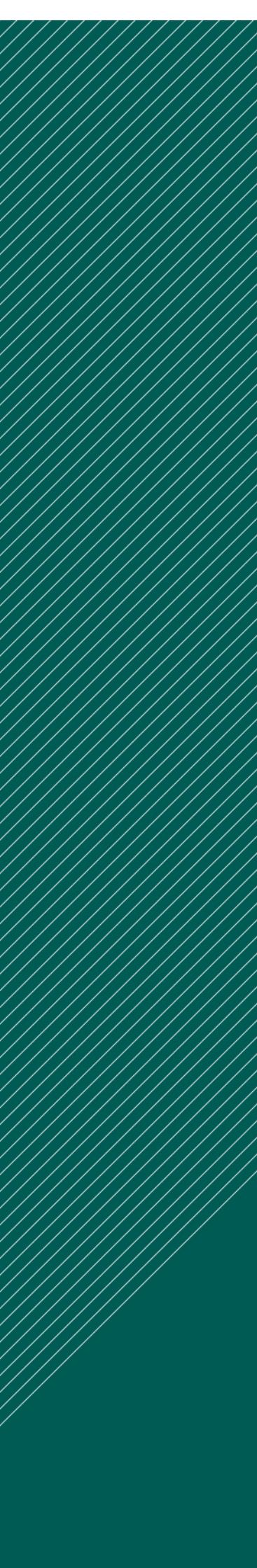
Referências Bibliográficas

- [1] PERASPERA Project deliverable D3.4 “Master Plan of SRC activities”, Daniel Noelke, Michel Delpech, Sabine Moreno, Raffele Mugnuolo, January 2015
- [2] PERASPERA Project deliverable D2.1 “State of the art in Space Automation and Robotics Technologies”, Manuel Metz, Bernd Sommer, Michel Delpech, Sabine Moreno, Raffele Mugnuolo, Jorge Lopez, January 2015
- [3] World Space Launcher Catalogue, European Space Agency, Paris.
- [4] Jane`s Space Systems & Industry 2017-2018, London.
- [1] European Space Technology Master Plan 2016
- [2] <https://indico.esa.int/indico/event/45/material/slides/0.pdf>
- [3] <http://sci.esa.int/future-missions-office/56060-radiation-monitor-radem-for-the-juice-mission/>
- [4] <https://artes.esa.int/projects/alphasat-tdp8-environment-and-effects-facility-aeef>
- [5] http://www.av.it.pt/medidas/space/Flayer/IT%20no%20Espana%C3%A7o%20EN_IT.pdf
- [6] <https://www.uc.pt/icnas>
- [7] “MarsREM: The Mars Energetic Radiation Environment Models”, Patrícia Gonçalves et al, Proceedings of the 31st International Cosmic Ray Conference, Łódź, 2009
- [8] “Cluster3: Space Radiation – Report”
http://archives.esf.org/fileadmin/Public_documents/Publications/Cluster3_web.pdf
- [9] “Modelling the surface and subsurface Martian radiation environment: Implications for astrobiology”, L. R. Dartnell, L. Desorgher, J. M. Ward, A. J. Coates, Geophysical Research Letters, Volume 34, Issue 2 January 2007

Glossário de Termos e Acrónimos

AIR Centre -	Centro Internacional de Investigação do Atlântico
ALMA -	Atacama Large Millimeter/submillimeter Array
ARTES -	Advanced Research in Telecommunications Systems
ATLANTIC ISLP	Atlantic International Satellite Launch Programme
CCI -	Climate Change Initiative
CE -	Comissão Europeia
CTA -	Cherenkov Telescope Array
DGT -	Direcção-Geral do Território
DLR -	Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt - Agência Espacial Alemã
ECVs -	Essential Climate Variables
EEA -	European Environment Agency
EFCA -	European Fisheries Control Agency
EGNOS -	European Geostationary Navigation Overlay Service
ELT -	Extremely Large Telescope
EMA – Espaço -	Estrutura de Missão dos Açores para o Espaço
EMSA -	European Maritime Safety Agency
EOP -	Earth Observation Programme
EPS -	EUMETSAT Polar System
ERC -	European Research Council
ESA -	European Space Agency
ESA BIC -	European Space Agency Business Incubation Center
ESO	European Southern Observatory
EST -	European Solar Telescope
EUA -	Estados Unidos da América
EUMETSAT -	European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites
FCT -	Fundação para a Ciência e Tecnologia
FP7 -	Seventh Framework Programme for Research
GNSS -	Global Navigation Satellite System
GSA -	European GNSS Agency
GSS -	Galileo Sensor Station
GSTP -	General Support Technology Programme
H 2020 -	Horizon 2020
I&D&I -	Investigação, Desenvolvimento e Inovação
I&I -	Investigação e Inovação
IPMA -	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
JMA -	Japan Meteorological Agency
JUICE -	Jupiter Icy Moons Explorer
KM3NET 2.0 -	KM3 Neutrino Telescope 2.0
LSA-SAF -	Satellite Application Facility for Land Surface Analysis
LISA -	Laser Interferometer Space Antenna
MTG -	Meteosat Third Generation

NAOJ -	National Astronomical Observatory of Japan
NASA -	National Aeronautics and Space Administration
NOOA -	National Oceanic and Atmospheric Administration
NRAO -	National Astronomy Observatory
OT -	Observação da Terra
PLATO -	PLANetary Transits and Oscillations of stars
PRACE -	Partnership for Advanced Computing in Europe
PRIMA -	Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area
PRS -	Public Regulated Service
PTTI -	Portuguese Technology Transfer Initiative
REACH -	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
RF -	Radio Frequência
R&I -	Research & Innovation
SAF -	Satellite Applications Facilities
SAR -	Synthetic Aperture Radar (sensors)
SES	Société Européenne des Satellites
SKA -	Square Kilometer Array
SSA -	Space Situational Awareness
SST -	Space Surveillance and Tracking
TMAC -	Taxa média anual de crescimento
TRL -	Technology Readiness Level
TRP -	Technology Research Programme
VLT -	Very Large Telescope
VLTl -	Very Large Telescope Interferometry



FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA

AV. D CARLOS I, 126, 1249-074 LISBOA, PORTUGAL
T. [+351] 213 924 300

WWW.FCT.PT