

Espaço e Observação da Terra

A - Âmbito

O sector espacial e o desenvolvimento das tecnologias que lhe estão associadas, ou que dele derivam, são hoje reconhecidas como desígnio nacional por várias nações, representando um imperativo para a promoção do progresso social e económico de um país e para a segurança internacional. A segurança e o bem-estar da sociedade depende cada vez mais da informação e dos serviços prestados a partir do Espaço, sendo de assinalar a transferência de competências adquiridas entre este sector para outros como a informação meteorológica, a agricultura, as pescas, a monitorização de infraestruturas, o desenvolvimento urbano, a defesa, o controlo de fronteiras, a prevenção e detecção de fogos, a segurança, e mesmo o sector da saúde pública na monitorização de epidemias, entre outros. O Espaço deve ser encarado como um *bem público*, a associar às nossas diversas instituições e ambições colectivas, sendo crítico continuar a democratizar o acesso ao Espaço, e aprofundar e disseminar o conhecimento do nosso Universo.

É neste âmbito que a Agenda de Investigação e Inovação (I&I) do Espaço e Observação da Terra deve ser reconhecida como um pilar que inspira e promove as tecnologias espaciais como sendo incontornáveis para o futuro de Portugal, justificando o investimento nas ciências do Espaço e da Terra produzindo respostas para as questões fundamentais do nosso Universo, com foco em instrumentos, métodos de processamento de dados e computação avançada, entre outros. Este investimento deverá ser impulsionado e capitalizado através da inovação tecnológica em subdomínios complementares como a robótica, materiais e estruturas, telecomunicações, tecnologias de controlo, sensores. Importa igualmente promover atividades no domínio da observação da Terra contribuindo para o estudo e a monitorização dos vários processos físicos, químicos e biológicos do nosso Planeta e na averiguação de indicações fundamentais sobre o sistema climático e as suas alterações, com implicações directas na vida dos cidadãos e na sociedade em geral.

Em Portugal, tanto no continente como nos arquipélagos dos Açores e da Madeira, é essencial sustentar o investimento na educação e cultura para o Espaço, seja no contexto nacional ou potenciando as parcerias internacionais de Portugal com as principais nações espaciais, no sentido de atrair cada vez mais as futuras gerações de cientistas, engenheiros e empreendedores e levando a população em geral a interessar-se por disciplinas nas áreas das ciências, tecnologias e engenharias.

Com mais de 15 anos de experiência de um ecossistema Espacial nacional multidisciplinar, reconhecido pela Agência Espacial Europeia (*European Space Agency*, ESA), o Observatório Europeu do Sul (ESO), e a Organização Europeia de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT), Portugal é hoje considerado um **caso de sucesso** pela rápida adaptação e integração nos programas espaciais, da Terra para o Espaço como do Espaço para a Terra.

B - Contexto internacional

Em todos os países, o papel dos governos continua a ser essencial como fonte de financiamento inicial para a Investigação e Desenvolvimento (I&D) público do Espaço, bem como um importante cliente *âncora* para muitos produtos e serviços espaciais. Os Estados Unidos da América, China, Índia e a Rússia estão entre os quatro maiores investidores no espaço (dados de 2013). Os Estados Unidos têm o maior orçamento espacial *per capita*, seguido pela Rússia, França, Luxemburgo, Japão, Bélgica, Alemanha e Noruega.¹ A ESA, a EUMETSAT, a União Europeia (UE) e os seus respetivos Estados-Membros alcançaram muitos sucessos no espaço com tecnologias avançadas e missões de exploração, como a missão Rosetta da ESA, capacidades únicas de observação da Terra e Meteorologia (programas Copernicus² e Metop³). A Europa destaca-se também pelos principais sistemas comerciais de telecomunicações e de lançadores Ariane e Vega. A Europa, no contexto internacional, representa hoje o segundo maior orçamento público, com programas e instalações que abrangem diferentes países europeus. Entre 2014-2020, a UE investirá mais de 12 mil milhões de euros em atividades espaciais. Possui sistemas espaciais de classe mundial com o Copernicus, EGNOS (Serviço europeu de navegação geoestacionária, que aumenta os sinais de GPS na Europa) e Galileo (Sistema de satélites de navegação global europeu, semelhante ao GPS) para navegação por satélite e posicionamento geográfico. Com 18 satélites atualmente em órbita e mais de 30 planeados nos próximos 10-15 anos, a UE é o maior cliente institucional para serviços de lançamento na Europa⁴.

O financiamento mundial para programas espaciais civis aumentou anualmente 1% em média nos últimos 10 anos, destacando a natureza estável dos compromissos institucionais para o desenvolvimento de capacidades científicas e tecnológicas deste sector.

C - Questões e Temas em análise

A Agenda de I&D do Espaço e Observação da Terra envolve elementos da comunidade científica e empresarial que são especialistas nos seus domínios de atividade. A organização desta Agenda distingue-se segundo 2 eixos que se sub-dividem em domínio da área. O eixo número 1 é relativo aos domínios determinantes que constituem a investigação sobre o Espaço em Portugal: Ciências do Universo, Tecnologias para o Espaço e Observação da Terra. O eixo número 2 é relativo à inovação na indústria que se determina pelas tecnologias e aplicações que integram a cadeia de valor onde atua este ecossistema. Para cada domínio que será amplamente elaborado na Agenda de I&D, e no âmbito deste documento - Plano Nacional de Ciência e Tecnologia - é realizada uma breve descrição.

Ciências do Universo

As ciências do universo apresentam uma vitalidade excepcional quer em Portugal quer a nível global. O dinamismo da área assenta em infraestruturas no solo e no espaço que abrem novos horizontes de descoberta. O desenho, construção e operação destas infraestruturas representam desafios consideráveis, sendo apenas possível a sua execução via organizações internacionais como a ESA e o ESO.

A vitalidade das ciências do universo está patente, por exemplo, na recente deteção de ondas gravitacionais ou nos três prémios Nobel da última década:

- a) 2006 a John C. Mather and George F. Smoot "*for their discovery of the blackbody form and anisotropy of the cosmic microwave background radiation*";

¹ OECD (2014), *The Space Economy at a Glance 2014*, OECD Publishing.

² - **Copernicus**: considerado ao nível internacional, o maior programa de Observação da Terra, dirigido pela Comissão Europeia (CE) e a ESA com vista a atingir uma capacidade global de observação contínua, autónoma e de grande qualidade de imagens e informação

³ - **Metop**: programa de satélites de observação da terra para observações da atmosfera, oceanos e continentes.

⁴ Space Strategy for Europe

- b) 2011 a Brian P. Schmidt and Adam G. Riess *"for the discovery of the accelerating expansion of the Universe through observations of distant supernovae"*;
- c) e 2015 a Takaaki Kajita and Arthur B. McDonald *"for the discovery of neutrino oscillations, which shows that neutrinos have mass"*.

Portugal tem vindo a acompanhar o desenvolvimento desta área fruto da decisão política de integrar a ESA e, um pouco mais tarde, o ESO. O esforço pioneiro do programa Portugal-ESO da FCT (1994-2003) permitiu a criação de uma comunidade de jovens cientistas Portugueses de nível internacional. A jovem comunidade funcionou como âncora e foi propulsora de resultados assinaláveis na última década: a) segundo dados da Direcção-Geral de Estatísticas de Educação e Ciência (DGEEC), 2014, as ciências do universo são a área científica de maior impacto em Portugal em termos de citações de artigos científicos publicados⁵; b) a área apresenta uma grande capacidade de obtenção de financiamento Europeu; c) as estatísticas do uso dos telescópios do ESO na última década mostram um retorno muito superior à contribuição Portuguesa para o seu orçamento; d) a comunidade nacional participa ativamente nos consórcios das principais missões e projetos de instrumentação espaciais e terrestres.

Portugal apresenta atualmente massa crítica e qualidade científica nas seguintes sub-áreas científicas das ciências do universo: a) Sistemas planetários; b) Estrelas e sistemas estelares; c) Formação e evolução de galáxias; d) Astronomia das altas energias e astro-partículas; e) Astrofísica relativista e ondas gravitacionais; f) Cosmologia. Esta massa crítica está essencialmente assente em várias reconhecidas unidades⁶ FCT. O desenvolvimento futuro da área das ciências do universo assenta em dois fatores críticos:

- a) estabilidade nos processos de financiamento das unidades e de recursos humanos;
- b) criação de mecanismos que permitam a evolução da comunidade científica para a etapa de definição de missões no solo e no espaço e de interação com tecnologias e empresas.

A participação de Portugal no programa PRODEX⁷ da ESA é um desses mecanismos, que poderá, por exemplo, alavancar a participação nacional em missões como CHEOPS⁸, Euclid⁹, LISA¹⁰ ou PLATO¹¹.

Falta no entanto um programa semelhante para a próxima grande infraestrutura – o European Extremely Large Telescope (E-ELT¹²), 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. Incrementar a participação tecnológica e empresarial no âmbito de projetos científicos deste programa objectivamente capacitará e aumentará a importância da comunidade científica nacional nestes consórcios. Por outro lado aumentará também o leque de possibilidades de participação no espaço pelas comunidades tecnológica e empresarial.

⁵ DGEEC, Produção Científica Portuguesa, 1990-2014, Séries Estatísticas

⁶ - a) Centro Multidisciplinar de Astrofísica – CENTRA – avaliada como “Excelente”; b) Centro de Investigação e desenvolvimento em Matemática e Aplicações – CIDMA – avaliada como “Muito Bom”; c) Centro de Investigação da Terra e do Espaço – CITEUC – avaliada como “Muito Bom”; d) Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço – IA – avaliada como “Excelente”

⁷ - PROgramme de Développement d’Expériences scientifiques: programa da ESA que permite às entidades científicas e empresariais de colaborarem em investigação e experiências da ESA no sentido de promover a excelência científica e contribuir para o aumento da competitividade da indústria

⁸ - CHaracterising ExOPlanets Satellite (CHEOPS): Telescópio espacial para estudar a formação de exoplanetas

⁹ - Euclid: Missão científica da ESA para estudar a expansão do Universo que está relacionada com a energia escura que representa 75% do conteúdo energético do Universo

¹⁰ - Laser Interferometer Space Antenna (LISA): Missão científica da ESA para detectar e estudar ondas de choque gravitacionais antes do Big Bang

¹¹ - Planetary Transits and Oscillations of stars (PLATO): Missão científica da ESA para desenvolver um observatório espacial para caracterizar e estudar exoplanetas rochosos similares ao da Terra e que orbitam sobre estrelas como o sol ou outras grandes estrelas.

¹² - European Extremely Large Telescope (E-ELT): telescópio de grandes dimensões que permitirá observar o universo com mais detalhe que o telescópio espacial Hubble e que permitirá o estudo das atmosferas dos planetas extra-solares.

Tecnologias para o espaço

A questão-chave para a área das Tecnologias do Espaço em Portugal é a criação de condições para a integração de contributos das várias áreas tecnológicas, necessários para o desenvolvimento nacional de lançadores, satélites e sondas espaciais que vão além da órbita terrestre, e destes contributos com as 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 utilizar conhecimentos de dinâmica de voo para otimização de trajetórias de lançadores e planeamento de órbitas próximas ou afastadas da Terra, bem como o 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.

Portugal deve ter a capacidade de capitalizar o investimento que tem vindo a ser feito em projetos de Investigação, Desenvolvimento e Inovação (I&I&I) nas áreas tecnológicas acima referidas, usando o conhecimento adquirido nesses projetos em novas aplicações em veículos e sistemas espaciais. Para atingir esse fim, é importante i) identificar a interseção entre a capacidade instalada (i.e., as instituições com atividade relevante de I&I&I) e os requisitos das missões de interesse nacional; ii) alinhar os financiamentos nacionais e europeus (da ESA, Horizon 2020 ICT e SPACE); iii) garantir previsibilidade e continuidade de financiamentos via iniciativas que incentivem a colaboração entre a academia e as empresas, e a integração das várias contribuições científicas e tecnológicas.

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 usufrui do estatuto de grande prioridade política e simultaneamente proporciona oportunidades de *spin-in/spin-out* entre aplicações espaciais, aéreas e marinhas de sistemas robóticos, em missões de exploração científica. A criação de uma Agência Espacial nacional seria seguramente um contributo fundamental para atingir todos estes objetivos.

Observação da Terra (OT)

Os satélites de observação da Terra constituem já 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.

A comunidade nacional de observação da Terra tem participado em inúmeros 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 subdomínio relativo a superfícies terrestres, a LSA-SAF, um programa da EUMETSAT liderado pelo Instituto Português do Mar e Atmosfera (IPMA), envolve a nível nacional grupos do meio académico (IPMA e Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa - 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* ao nível internacional nesta área. 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 MTG¹³ com uma resolução espacial e frequência temporal sem precedentes. Seguindo a tendência dos últimos anos, os dados de observação da Terra serão cada vez mais utilizados para caracterização e monitorização do Clima e as alterações climáticas, 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. 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). 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, 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.

Inovação, Indústria espacial

A inovação tecnológica tem sido a atividade estruturante do setor espacial em Portugal e está na base dos processos de especialização e de crescente integração que irão definir esta indústria em Portugal durante os próximos 15 anos.

A democratização da tecnologia espacial e o investimento público e privado criaram um momento disruptivo no sector espacial, do qual surgem novas oportunidades para novos atores, como foi já identificado pela comunidade espacial nacional.

De facto, a entrada de investidores privados no sector nos últimos anos, potenciada essencialmente pela mudança da política espacial norte-americana, aumentou a relevância do risco na fase operacional enquanto variável na equação do sucesso das iniciativas espaciais. Este factor, associado 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 associadas a mega constelações, reutilização de lançadores, exploração de recursos planetários, serviços orbitais, entre outros.

Os anos de investimento no Espaço em Portugal, principalmente através da participação na ESA, criaram experiência e capacidades científicas, tecnológicas, industriais e operacionais que são hoje reconhecidas internacionalmente, e estabelecem a base para apostar na entrada e na subida nas cadeias de valor globais do setor, aproveitando o momento-chave que o Espaço vive a nível global.

Este é um momento auspicioso para Portugal, em que a maturidade do setor é já evidente e a sua relevância é reconhecida institucionalmente. Existem tecnologias nacionais *space-qualified*

¹³ - Meteosat Third Generation (MTG) – satélite meteorológico de terceira geração com um resolução e frequência temporal sem precedentes

e as atividades espaciais lideradas pela indústria portuguesa são cada vez mais complexas e abrangentes.

Num momento de diversificação a nível mundial, a oportunidade de diferenciação é ainda maior e a sustentabilidade do sector depende de criar capacidades e vantagens diferenciadoras para competir no mercado global e de encontrar oportunidades no mercado espacial únicas. Criar as condições propícias para que se encontrem estes elementos únicos e diferenciadores passa evidentemente por criar condições que estimulem e promovam o investimento e a inovação.

Estes momentos de inovação e avanço no sector espacial ocorrem essencialmente nas fases de I&I, guiadas pelas necessidades e desafios que se apresentam sempre que se imaginam e definem novas missões espaciais, e os ciclos de desenvolvimento necessários para que uma determinada tecnologia seja *space-qualified* são geralmente longos, caros, de risco elevado e geradores de grandes externalidades positivas, o que justifica o papel determinante do investimento público no desenvolvimento da atividade espacial, mesmo num contexto de envolvimento substancial de investimento privado.

Para a Agenda de I&I é importante determinar as perspetivas de inovação tecnológica dos agentes nacionais, estabelecidas numa lógica de cadeia de valor do desenvolvimento de tecnologias para o Espaço. Esta abordagem é baseada na capacidade nacional existente e nas oportunidades e desafios em cada dimensão, a partir do objetivo de potenciar a participação e subida de Portugal nas cadeias de valor internacionais do Espaço, para se assumir como dinamizador e integrador de sistemas espaciais até 2030.