

POSITION PAPER

TECNOLOGIAS E ENGENHARIA PARA A SAÚDE:

Neuroengenharia translacional, Oncologia de precisão com IA e Dados de saúde confiáveis

Resultado Iniciativa Bottom-Up AI² promovida pelo INESC TEC

Autores: Hugo Paredes, João Paulo Cunha, Artur Rocha, Hélder Oliveira

30 de setembro de 2026

Enquadramento

Este *position paper* apresenta um contributo do INESC TEC para a iniciativa *bottom-up*, no âmbito da Avaliação Estratégica para a definição das prioridades nacionais de investigação e inovação (AI²). Reconhece a visão e os objetivos do exercício e destina-se a contribuir para a definição dos domínios estratégicos nacionais, reunindo contributos científicos e tecnológicos em torno das tecnologias e engenharia para a saúde, neuroengenharia translacional, oncologia de precisão com inteligência artificial (IA) e dados de saúde confiáveis e modelação *in silico* para a I&D biomédica e farmacêutica, transversal ao Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação.

Sumário Executivo

Propõe-se que a neuroengenharia translacional, a oncologia de precisão IA e os dados de saúde confiáveis e a modelação in silico para a I&D biomédica e farmacêutica sejam considerados como subdomínios estratégicos e prioritários na área da Saúde, porque respondem a alguns dos maiores encargos do País e a uma oportunidade europeia em dados de saúde e modelação computacional; dispõem de capacidade nacional demonstrada e enfrentam falhas de coordenação que o mercado, sozinho, não corrige.

Portugal é um dos países mais envelhecidos da União Europeia (UE), com 24,3% da população com 65 ou mais anos [3], e apresenta prevalências de demência e de perturbações mentais acima da média europeia [4, 5]. O cancro é a segunda causa de morte na União Europeia, com 2,7 milhões de novos diagnósticos por ano [6], e em Portugal foram registados mais de 60 mil novos casos em 2022 [7]. A estes encargos soma-se uma oportunidade: o Espaço Europeu de Dados de Saúde (EEDS), em vigor desde março de 2025, vai abrir a partir de 2029 o uso secundário de dados de saúde para investigação e inovação [8], e a Europa procura quem saiba transformar esses dados em diagnóstico, decisão clínica e desenvolvimento de terapias sem comprometer a privacidade.

O sistema científico, clínico e empresarial português tem, nestes três tópicos, capacidades complementares distribuídas pelo país. Na neuroengenharia coexistem uma indústria farmacêutica que desenvolve medicamentos próprios para a epilepsia e a doença de Parkinson, centros de neurociência de referência em Lisboa, Porto e Braga (alguns com plataformas próprias de neurotecnologia e de neuromodulação clínica) e empresas de neurotecnologia com origem na investigação académica que, na órbita do INESC TEC, já captaram cerca de 18 M€ de capital de risco e criaram cerca de 50 empregos

altamente qualificados, essencialmente na região Norte. Na oncologia, institutos de investigação, centros oncológicos e equipas de engenharia coordenam ou participam em consórcios europeus de IA para o diagnóstico e a decisão clínica, como o [AI4LUNGS](#) e o [CINDERELLA](#). Nos dados de saúde e na I&D farmacêutica, empresas portuguesas descobrem anticorpos para a indústria mundial, desenvolvem vacinas em fase clínica e operam plataformas de dados de saúde para sistemas de saúde estrangeiros, enquanto equipas académicas constroem plataformas europeias de partilha de dados com preservação de privacidade.

Atento este contexto, estes três tópicos devem ser promovidos através de infraestrutura partilhada de translação, validação clínica multicêntrica, prova de conceito e acesso seguro a dados; e que avalie em 2029 e 2032 os indicadores aqui propostos, reforçando, redirecionando ou descontinuando cada tópico em função dos resultados.

Mensagem-chave

Os três tópicos de tecnologia e engenharia da Saúde - neuroengenharia translacional, oncologia de precisão com IA e dados de saúde confiáveis – são estruturantes nas prioridades de Saúde. Portugal apresenta um contexto demográfico e de prevalência de doenças com necessidade de intervenção em saúde particularmente aguda. O País tem investigação biomédica reconhecida, tem engenharia capaz de a transformar em tecnologia, pelo que se torna necessário apostar e investir na continuidade – em termos de infraestrutura partilhada, de validação clínica, de acesso seguro a dados e a um primeiro comprador – que permita passar de casos de sucesso a um processo consolidado.

1. A área e a sua ambição

Esta área reúne e combina as capacidades de engenharia, computação e ciências da saúde que transformam sinais, imagens e dados biológicos em diagnóstico, suporte à decisão clínica e desenvolvimento de terapias e vacinas. Não se trata de uma especialidade médica, nem de uma tecnologia isolada, mas de uma forma de fazer investigação e inovação em saúde em que a IA, a fotónica, os sensores, a engenharia de sistemas e a governação de dados são postas **ao serviço de problemas clínicos concretos e validadas em contexto real**.

A IA é uma capacidade transversal aos três tópicos, e não um atributo de um deles. Na **neuroengenharia**, suporta a extração de biomarcadores a partir de sinais ópticos, eletrofisiológicos e de imagem e a quantificação digital da evolução da doença; na **oncologia**, a análise de imagem médica e a integração de dados multimodais para estratificação e decisão clínica; nos **dados** e na modelação *in silico*, a geração de dados sintéticos, a aprendizagem federada, a previsão da resposta imunitária a partir de repertórios imunitários e a personalização de intervenções digitais em saúde mental. A oncologia é a área em que a IA está mais próxima da prática clínica, mas os mesmos princípios (IA multimodal, causal e generativa, combinada com modelos mecanísticos) aplicam-se à imunologia, às doenças infecciosas, às doenças neurológicas e mentais e ao desenvolvimento de terapias, onde a procura europeia crescerá com o EEDS e com a iniciativa europeia de gémeos digitais do ser humano [41].

O problema estratégico é demográfico antes de ser tecnológico. Portugal tem uma das estruturas etárias mais envelhecidas da UE, com um índice de dependência de idosos de 38,2%, a par da Itália e da Bulgária [3]. A prevalência de demência no país é superior à média europeia e deverá duplicar até 2050 [4], e o Estudo Epidemiológico Nacional de Saúde Mental situou em 22,9% a prevalência anual de perturbações psiquiátricas, uma das mais elevadas da Europa [5]. As doenças do cérebro, neurológicas e mentais, representam na Europa um custo estimado em cerca de 800 mil milhões de euros por ano, superior ao das doenças cardiovasculares ou do cancro [2]. O cancro, por sua vez, afeta 2,7 milhões de europeus e causa 1,3 milhões de mortes por ano, com uma perda de produtividade estimada em 49 mil milhões de euros [6]; em Portugal, o cancro do pulmão é a primeira causa de morte oncológica, com mais de cinco mil óbitos em 2022 [7].

A oportunidade decorre de três movimentos europeus que se reforçam mutuamente. O primeiro é o **crescimento da neurotecnologia**, cujas patentes relacionadas se multiplicaram por vinte e as publicações por trinta e cinco em duas décadas, mas com seis países a concentrar 87% das patentes [1] num mercado emergente onde as posições ainda não estão todas ocupadas e onde Portugal pode encontrar nichos de excelência a nível europeu e mundial. O segundo é a **adoção de IA e de modelação computacional** ao longo de toda a cadeia de investigação e inovação em saúde, do diagnóstico ao desenvolvimento de terapias e vacinas, com a oncologia como frente mais avançada: o Plano Europeu de Luta contra o Cancro e a Missão Cancro procuram tornar partilháveis os dados e as imagens oncológicas e acelerar a adoção responsável de IA [6], e a evidência obtida *in silico* ganha peso no desenvolvimento e na avaliação regulamentar de medicamentos [42-44]. O terceiro é o **Regulamento Espaço Europeu de**

Dados de Saúde (EEDS), que cria um enquadramento comum para o uso secundário de dados em investigação e inovação [8] e que exigirá tecnologias capazes de extrair valor de dados distribuídos sem os expor.

Os cuidados de saúde primários são um fator transversal aos três tópicos. Desde janeiro de 2024, o Serviço Nacional de Saúde (SNS) organiza-se em 39 Unidades Locais de Saúde (ULS) que integram centros de saúde e hospitais numa gestão única [40], o que cria um percurso contínuo entre a deteção precoce na comunidade e a resposta especializada. É nos cuidados de saúde primários que grande parte das pessoas com perturbações depressivas e de ansiedade é acompanhada, e que surgem muitos dos primeiros sinais de declínio cognitivo e de doenças do movimento, e que começa o percurso de diagnóstico de muitos doentes com suspeita de doença pulmonar. As ferramentas de monitorização, de estratificação e de intervenção digital só terão impacto em escala se forem desenhadas e validadas também para este contexto, e as ULS oferecem, para isso, um ambiente de validação com poucos equivalentes na Europa.

Em 2036, Portugal deverá ser reconhecido na Europa como um ambiente de referência para desenvolver, validar e transferir tecnologias de saúde baseadas em dados, com posições próprias em nichos dos três tópicos e com um ciclo recorrente de criação de empresas, contratos industriais e adoção no SNS. Esta ambição alinha-se com o domínio "Saúde, Biotecnologia e Alimentação" da Estratégia Nacional de Especialização Inteligente 2030, com a prioridade de medicina personalizada da estratégia regional do Norte e com o cluster Saúde do Horizonte Europa [23].

1.1. Proposição e ambição

Propõe-se reconhecer e reforçar estes três tópicos em que Portugal tem vindo a demonstrar capacidade de ir da investigação à validação clínica e à criação de valor, dotando-os da infraestrutura e da continuidade de que precisam, para passar de casos de sucesso a um processo estabelecido, otimizado e recorrente que permita amplificar largamente os resultados até agora obtidos. É uma aposta nacional porque combina uma necessidade de saúde particularmente aguda no país, competências científicas reconhecidas na Europa e um sistema de saúde público que pode funcionar como ambiente de validação e primeiro comprador.

Até 2036 deverão ser promovidas as seguintes capacidades. Na **neuroengenharia**, uma infraestrutura translacional partilhada (a que chamamos *Neuro+hub*), com laboratórios conjuntos entre academia e *startups* e ambientes de ensaio clínico, que ponha engenheiros, neurocientistas e clínicos a trabalhar no mesmo espaço e permita multiplicar o número de tecnologias que chegam à validação. Esta iniciativa está baseada num consórcio europeu que, liderada pelo INESC TEC, integra a Universidade do Porto (com o i3S, FMUP, FEUP) e parceiros líderes internacionais em diferentes aspectos da neuroengenharia translacional como o Hospital Universitário da LMU-Universidade de Munique, o Biorobotics Institute da Universidade Sant'Ana de Pisa e a TUM Ventures da Universidade Técnica de Munique, foram já em

conjunto a duas propostas do Horizonte 2020 para realizar este *Neuro+hub*¹. Na **oncologia**, uma rede de validação clínica multicêntrica de ferramentas de IA, integrada em hospitais do SNS, capaz de levar modelos desenvolvidos em projetos europeus à utilização regular. Nos **dados** e na modelação *in silico*, um serviço nacional que permita à investigação académica e à indústria trabalharem sobre dados sintéticos, federados ou pseudonimizados com garantias formais de privacidade, articulado com a entidade nacional de acesso a dados prevista no EEDS, e bancadas virtuais de experimentação *in silico* que grupos académicos e empresas farmacêuticas e de biotecnologia possam usar para explorar e priorizar candidatos antes do laboratório e da clínica.

A trajetória deverá ser verificável em 2030 através dos seguintes marcos: a infraestrutura translacional de neuroengenharia *Neuro+hub* em funcionamento; pelo menos um estudo clínico multicêntrico concluído em cada tópico clínico; uma ferramenta de IA oncológica certificada como dispositivo médico ou licenciada; um estudo de validação em contexto de cuidados de saúde primários; um piloto nacional de dados sintéticos ou federados em uso por terceiros; e os valores intermédios da Tabela 1, que se propõem como indicadores do próprio tópico.

Os indicadores propostos têm duas escalas: os indicadores de área medem a capacidade nacional (o que o país consegue validar, certificar, adotar e exportar nestes tópicos) e dependem da articulação entre todos os atores referidos na secção 2.1; os indicadores do núcleo de partida permitem para verificar se esse contributo acompanha a trajetória nacional.

Tabela 1 — Indicadores propostos (estimativas)

Indicador	Marco 2030	Meta 2036
Indicadores de área (escala nacional)		
Estudos clínicos multicêntricos em curso com tecnologias dos três tópicos	uplicar	triplicar
ULS com ferramentas de IA ou de monitorização digital em uso regular	6	20
Ferramentas desenvolvidas em Portugal certificadas como dispositivo médico ou licenciadas	+5	+15
Empresas de base tecnológica ativas nos três tópicos	+30%	uplicar
Projetos europeus coordenados por entidades portuguesas nos três tópicos	+50%	uplicar
Contributo do núcleo de partida (estimativas INESC TEC)		
Neuroengenharia: startups ativas / capital de risco acumulado	10 / 60 M€	25 / 180 M€ (2032)
Oncologia: projetos europeus ativos (dos quais coordenados)	4 (2)	6 (3)
Dados de saúde: plataformas em uso por utilizadores externos	4	6

¹ Proposal 101250549-1 “Porto.neuro”, Horizon-Widera 2025-01 Teaming for excellence (30M€) and Proposal 101341064 “BRAIN.Connect”, Horizon-Widera 2026-02 Widening (1,5M€).

1.2. Contributo para domínio estratégico

A **importância nacional** é clara nas três áreas de Tecnologia e Engenharia de Saúde. As doenças neurológicas e mentais e o cancro estão entre os maiores encargos de saúde e económicos do país e da Europa [2, 5, 6], e o envelhecimento da população torna-os mais pesados a cada ano [3]. A capacidade de usar dados de saúde de forma segura é, além disso, uma questão de soberania e central à estratégia de digitalização inteligente nacional: um país que não consiga tratar os seus próprios dados clínicos e genómicos depende de terceiros para investigar e inovar sobre a sua população.

A **capacidade instalada** existe no país, distribuída por várias instituições, e é desigual entre tópicos. Na neuroengenharia há centros de neurociência de referência, uma indústria farmacêutica com medicamentos próprios em neurologia e ciclos completos de valorização baseados em ciência já demonstrados no Porto. Na oncologia há investigação biomédica reconhecida, centros oncológicos de referência e equipas de engenharia e computação que coordenam consórcios europeus de IA, mas a adoção clínica ainda está em construção. Nos dados de saúde há empresas com clientes internacionais e competências académicas em plataformas e privacidade, mas à escala de projetos e contratos, e não ainda de um serviço nacional. Esta distribuição é, em si, um argumento: nenhuma instituição reúne sozinha a escala necessária, e é a complementaridade entre elas que torna estes tópicos estratégicos.

A **falha de coordenação** e de infraestruturas de cocriação tripolares que unam academia, clínica e start-ups é o denominador comum. Em todos os tópicos, o que trava a passagem de resultados de investigação a soluções adotadas não é a falta de ciência, mas a descontinuidade entre fases: a validação clínica multicêntrica excede a capacidade de empresas jovens e de projetos isolados e dispersos no território; o acesso a dados de vários hospitais depende de acordos que cada projeto negoceia de novo; e o SNS, que seria o ambiente natural de validação e o primeiro comprador, não dispõe de mecanismos estáveis para adotar inovação desenvolvida no país. É precisamente o tipo de falha que o Relatório de Focagem identifica como descontinuidade na cadeia de valor [26].

A **seletividade** é possível porque em cada tópico existem nichos identificáveis (biomarcadores e monitorização digital em doenças neurológicas, estratificação multimodal no cancro do pulmão e decisão partilhada no cancro da mama, dados sintéticos e partilha controlada de dados e experimentação in silico para a I&D imunológica) e a **adicionalidade** está em transformar trajetórias que hoje dependem de projetos sucessivos numa capacidade permanente e otimizada. Em síntese: nenhum dos três tem, isoladamente, a escala de um domínio autónomo; em conjunto, e integrados num domínio de Saúde, cumprem os critérios de admissão.

1.3. Definição e fronteiras

A **neuroengenharia translacional** compreende as tecnologias para medir, interpretar e atuar no funcionamento do sistema nervoso, com particular incidência nos segmentos em que existe evidência nacional: **biomarcadores e neurodiagnóstico** baseados em fotónica, sensores, sinais e imagem; **monitorização digital quantitativa** da evolução de doenças neurológicas; **neuropróteses e tecnologias**

de apoio; e as questões de **neuroética e regulação** que acompanham a sua adoção [22]. Ficam de fora a neurociência fundamental, que pertence às áreas de I&D (não translacional) e alimenta este tópico sem ser por ele reivindicada, e o desenvolvimento de medicamentos para doenças neurológicas, que pertence à cadeia farmacêutica, onde Portugal tem capacidade própria, com medicamentos desenvolvidos pela Bial para a epilepsia e a doença de Parkinson [27], e com a qual este tópico se articula através de biomarcadores e de medidas digitais da evolução da doença. A neuromodulação e as *interfaces* implantáveis para estimulação (atuação) no sistema nervoso estão agora em estabelecimento na Universidade do Porto com os laboratórios de *neuroprobes* radicados na FMUP e no INESC TEC (com a recente contratação de um investigador sénior vindo do IIT de Génova, Itália e ligado à startup italiana [Corticale](#)) que são já associadas a capacidades clínicas existentes de neuromodulação e de terapêuticas digitais para doenças neurológicas e mentais na região do Porto [29], com as quais o tópico já coopera há quase 20 anos, e o acesso a tecnologias implantáveis faz-se sobretudo em cooperação europeia.

A **oncologia de precisão com IA** compreende o desenvolvimento e aplicação de métodos de inteligência artificial e engenharia ao longo do percurso oncológico, desde a **prevenção e rastreio, deteção precoce e diagnóstico**, até à **caracterização e estratificação do tumor e do doente, prognóstico, seleção e planeamento do tratamento, monitorização da resposta terapêutica e apoio à decisão clínica e partilhada**. Integra a análise quantitativa de imagem médica, incluindo **radiomics e radiogenomics**, e a combinação de informação multimodal (imagem, dados clínicos e laboratoriais, anatomia patológica, biópsia líquida e dados moleculares e ómicos) através de modelos de IA capazes de identificar biomarcadores, integrar fenótipos e genótipos e construir representações individualizadas da doença. Inclui ainda o desenvolvimento de **modelos preditivos e gémeos digitais do percurso do doente**, orientados para antecipar a evolução da doença e a resposta a diferentes estratégias terapêuticas, bem como a sua **validação clínica, robustez, explicabilidade e integração nos sistemas e fluxos de trabalho clínicos**. Ficam de fora a descoberta e o desenvolvimento de fármacos oncológicos sem uma componente computacional ou de engenharia, a investigação fundamental em biologia do cancro e a prática clínica propriamente dita.

Os **dados de saúde confiáveis e a modelação in silico para a I&D biomédica e farmacêutica** compreendem duas capacidades complementares. A primeira são as **infraestruturas e os métodos**, que permitem usar dados de saúde com garantias de privacidade e de qualidade: dados sintéticos, anonimização e computação federada ou multipartida; partilha controlada e interoperável, conforme as normas comunitárias e aos princípios FAIR (*findable, accessible, interoperable, reusable*), de dados imunológicos, ómicos e de coortes; e plataformas de intervenção digital que recolhem dados de mundo real, como as de saúde mental. A segunda são os **modelos computacionais** que usam esses dados na I&D de vacinas e terapias, combinando previsores baseados em aprendizagem automática (por exemplo, da ligação entre péptidos, moléculas MHC e recetores de células T) com simulação mecanística de processos imunitários, sobre dados de repertórios imunitários geridos segundo normas comunitárias e acompanhados ao longo do tempo. Os dados sintéticos têm aqui um segundo papel, para além da

proteção da privacidade: repertórios e interações anticorpo–antigénio gerados *in silico* permitem realizar experiências computacionais e avaliar modelos quando os dados reais são escassos ou não podem ser partilhados. Ficam de fora a descoberta laboratorial de antigénios e anticorpos, o desenvolvimento clínico e a produção de vacinas e medicamentos, assegurados em Portugal por empresas como a Immunet Hep, a *FairJourney Biologics*, a Bial ou a Hovione [27, 35–37], com quem este tópico codesenvolve métodos e modelos e a quem fornece dados e plataformas, e os métodos genéricos de IA e dados sem aplicação à saúde, que pertencem a outros papers desta iniciativa.

A regra de fronteira é a mesma para os três tópicos: uma capacidade pertence-lhes quando o problema e a validação são específicos de saúde; os métodos genéricos de inteligência artificial, dados ou computação mantêm-se como capacidades transversais de outros domínios. Um projeto partilhado entre tópicos é contado uma só vez, no tópico do seu utilizador principal. O projeto [PHASE IV AI](#), por exemplo, é contado nos dados de saúde, embora os seus casos de uso sejam oncológicos. As plataformas de saúde mental digital poderiam, em alternativa, integrar a neuroengenharia; optou-se por as incluir nos dados de saúde porque o seu contributo distintivo é a gestão de dados de mundo real com privacidade. As tecnologias críticas envolvidas (IA multimodal, causal e generativa, fotónica, sensores e processamento de sinais, robótica, tecnologias de preservação de privacidade e computação avançada) correspondem aos eixos de tecnologias digitais e de biotecnologias da Plataforma de Tecnologias Estratégicas para a Europa (STEP).

2. Prioridades e desafios a dez anos

As **prioridades** propostas partilham um núcleo comum: todas **procuram fechar a distância entre um resultado de investigação promissor e uma solução usada na prática clínica ou industrial**. É essa distância, mais do que a falta de conhecimento, que hoje limita o impacto do investimento público em investigação em saúde.

Na neuroengenharia, a primeira prioridade é a **validação de biomarcadores fotónicos e digitais** para a deteção precoce e a estratificação de doenças neurodegenerativas, como Alzheimer e Parkinson. A questão científica está em demonstrar que sinais obtidos de forma pouco invasiva são clinicamente fiáveis; a posição na cadeia de valor é a passagem da prova de conceito à validação clínica; e a ação pública justifica-se porque os estudos multicêntricos e o acesso a coortes excedem a capacidade de empresas jovens. A segunda é a **monitorização quantitativa e as tecnologias de apoio**, em que a tecnologia está mais madura, mas o valor se perde na certificação e na ausência de um comprador público estruturado.

Na oncologia, a primeira prioridade é a **estratificação multimodal do doente com suspeita de doença pulmonar**, integrando imagem, auscultação digital, biópsia líquida e dados clínicos num gêmeo digital que apoie o médico desde a primeira consulta até ao plano de tratamento. A segunda é a **decisão partilhada e o planeamento no cancro da mama**, com ferramentas que antecipam o resultado estético do tratamento e ajudam a doente a escolher de forma informada. Em ambas, o valor perde-se no acesso a dados de vários hospitais e na capacidade do SNS de absorver e pagar ferramentas validadas.

Nos dados de saúde, a primeira prioridade é tornar **utilizáveis, para a investigação e a indústria, dados sintéticos e análises federadas com garantias formais de privacidade**, antecipando a aplicação do uso secundário previsto no EEDS a partir de 2029 [8]. A segunda é a **experimentação *in silico* de apoio à I&D de vacinas e imunoterapias**: integrar, em bancadas virtuais modulares, a gestão normalizada de repertórios imunitários, a sua análise exploratória, previsores baseados em aprendizagem automática e simulação mecânica, de forma a antecipar a resposta imunitária a candidatos e a priorizar o que segue para o laboratório. A questão científica está em tornar estas previsões fiáveis e explicáveis, combinando modelos baseados em dados com modelos mecânicos e validando-os contra dados experimentais longitudinais; a ação pública justifica-se porque estas plataformas são pré-competitivas e nenhuma empresa as sustenta sozinha. A terceira é a **consolidação de plataformas de intervenção digital em saúde mental** como infraestrutura de investigação e de prestação de cuidados, com os dados de mundo real que produzem. Aqui o valor perde-se sobretudo na governação de dados, na aceitação regulamentar da evidência *in silico* [43,46,47] e na ausência de um modelo de serviço sustentável.

Nenhuma destas prioridades é exclusivamente aplicada. Todas mobilizam investigação fundamental em IA causal e multimodal, em modelação do sistema imunitário, em teoria da privacidade, em neurociência computacional e em ciências do comportamento e todas dependem de ciência de base, que continua a ser financiada pelas áreas de I&D. Foram consideradas e deixadas de fora deste contributo as interfaces cérebro-computador implantáveis, onde a capacidade nacional está ainda em construção; o

desenvolvimento de medicamentos e de vacinas (à exceção da sua componente computacional, incluída no terceiro tópico), que tem atores nacionais próprios e pertence à cadeia farmacêutica, com a qual os três tópicos se articulam; e uma oncologia generalista sem componente tecnológica, que não se distinguiria do que outros sistemas já fazem.

A comunidade identifica como mais difíceis as seguintes dimensões: passar de casos de sucesso a um processo de inovação disruptiva otimizado que se multiplica e escala; conseguir tempo protegido para os clínicos participarem em investigação; aceder a dados de vários hospitais sem pôr em causa a privacidade; e reter talento perante salários internacionais.

2.1. Ponto de partida de Portugal

Portugal dispõe, nos três tópicos, de capacidades distribuídas por várias instituições e regiões, e é essa distribuição que permite considerá-los estratégicos. Na **investigação biomédica**, o i3S reúne cerca de 850 investigadores organizados em programas de cancro e de neurobiologia e doenças neurológicas [30]; o ICVS da Universidade do Minho tem na neurociência um dos seus domínios de investigação [31]; na ULS São João / FMUP existe o mais longo programa de neuromodulação clínica em Portugal [29] que tem a colaboração técnica do INESC TEC há mais de 10 anos e a Fundação Champalimaud combina um programa de neurociências, um centro clínico oncológico e um centro de neurotecnologia restaurativa, com plataforma tecnológica própria e um centro de terapêuticas digitais para doenças neurológicas e mentais [45]. Os hospitais universitários e os institutos portugueses de oncologia concentram casuística e competência clínica. Na **indústria**, a Bial investe em I&D mais de 20% do volume de negócios e tem medicamentos próprios em neurologia [27]; a Hovione mantém em Portugal um centro de I&D e produção com modelação de processos e fabrico contínuo [35]; a *FairJourney Biologics*, fundada no Porto em 2012, descobriu mais de mil anticorpos candidatos para mais de 250 clientes, 14 dos quais em desenvolvimento clínico [36]; a Immunetep, *spin-off* da Universidade do Porto, desenvolve uma vacina contra bactérias multirresistentes com financiamento do Acelerador do Conselho Europeu de Inovação [37]; e a *Promptly Health* é parceira tecnológica do serviço nacional de saúde do País de Gales na recolha e harmonização de dados reportados pelos doentes [38].

A **engenharia e a computação** aplicadas à saúde estão igualmente distribuídas. Há institutos Fraunhofer com uma área de saúde digital de dimensão relevante [32], unidades universitárias com linhas de investigação em informática biomédica [33], institutos de engenharia com competências em biomecânica e dispositivos médicos [34] e plataformas de engenharia internas a instituições biomédicas, como o laboratório de cirurgia digital e a plataforma de neurotecnologia da Fundação Champalimaud [45]. O INESC TEC é um destes atores, com contributos específicos que se descrevem a seguir. O valor acrescentado destas prioridades na área da saúde estará em ligar estas capacidades, não em concentrá-las numa instituição.

Na **neuroengenharia**, o ponto de partida é de consolidação. Desde 2013, a investigação em neuroengenharia no INESC TEC e na Universidade do Porto seguiu um modelo de inovação de base

científica: levar tecnologia de baixa maturidade até à demonstração, proteger a propriedade intelectual e atrair capital de risco para que equipas e tecnologia sejam, em conjunto, transferidas para startups. O resultado é, segundo estimativas do INESC TEC, um conjunto de 18 ativos de patente, licenciados a três empresas — iLoF (intelligent Lab-on-Fiber, inSignals Neurotech e Adapttech — que captaram mais de 18 M€ de capital de risco e empregam cerca de 50 profissionais altamente qualificados. A iLoF obteve financiamento do Conselho Europeu de Inovação, o prémio de inovação da EARTO em 2024 e um contrato da Innovate UK para participar no estudo internacional Bio-Hermes-002 sobre Alzheimer [17, 18]; a Adapttech foi adquirida por uma empresa norte-americana com presença em 40 países [20], demonstrando um ciclo completo de inovação com aquisição por um grande player mundial. O INESC TEC foi o primeiro membro associado português da infraestrutura europeia EBRAINS [21]. A fragilidade deste ecossistema com provas dadas está na escala: o crescimento abrandou por falta de uma infraestrutura translacional partilhada e de coordenação estável entre laboratórios, hospitais e empresas. Esta trajetória complementa-se com as capacidades clínicas de neuromodulação e de terapêuticas digitais existentes no Porto [29] e em Lisboa [45] e com a experiência da indústria farmacêutica nacional em ensaios clínicos internacionais em doenças neurológicas, como o estudo de fase 2b ACTIVATE, conduzido pela Bial em 85 centros de 11 países [28], que é precisamente onde biomarcadores e medidas digitais da evolução da doença podem ser usados como instrumentos de avaliação.

Na **oncologia de precisão com IA**, o ponto de partida é de consolidação na componente computacional e de trajetória na adoção. O INESC TEC coordena o AI4LUNGS, projeto do Horizonte Europa de 6,9 M€ com 18 parceiros de 10 países, que desenvolve modelos de IA de estratificação para doenças respiratórias, incluindo o cancro do pulmão, com pilotos clínicos na Unidade Local de Saúde de Gaia/Espinho e em Israel e com a biópsia líquida desenvolvida no i3S [14]. O CINDERELLA é um segundo exemplo em que foram desenvolvidas as ferramentas de IA que simulam o resultado estético do tratamento do cancro da mama, testadas num ensaio clínico multicêntrico internacional com centros de referência em Portugal, Itália, Alemanha, Polónia e Israel [15]. A estas iniciativas somam-se projetos nacionais em rastreio e caracterização do cancro do pulmão, assinaturas microbianas circulantes para diagnóstico precoce e planeamento tridimensional do tratamento conservador do cancro da mama [16], bem como a identificação óptica de células tumorais com a tecnologia iLoF (intelligent eLab-on-Fiber) que usa IA para extrair biomarcadores de sinais fotónicos obtidos por fibra óptica funcionalizada [24], e o PHASE IV AI, cujos casos de uso em oncologia fazem a ponte com o tópico dos dados de saúde [11]. Falta converter estes resultados em ferramentas certificadas como dispositivo médico, integradas nos sistemas hospitalares e adquiridas pelo SNS: um percurso em que outras equipas nacionais são complementares, como o laboratório de cirurgia digital da Fundação Champalimaud, que desenvolve soluções de IA e realidade aumentada para a cirurgia oncológica, ou empresas que constroem com hospitais do SNS infraestruturas federadas de dados reportados pelos doentes em oncologia [38, 45].

Nos **dados de saúde confiáveis**, o ponto de partida é uma trajetória longa, com competência reconhecida à escala europeia. Há mais de uma década que o INESC TEC desenvolve a plataforma [Moodbuster](#) para

intervenções digitais em saúde mental, usada em projetos europeus sucessivos — [ICT4Depression](#) e [E-COMPARED](#) no 7.º Programa-Quadro, STOP Depression, com financiamento EEA Grants e dedicado a cuidados escalonados e soluções digitais para a depressão e a prevenção do suicídio nos cuidados de saúde primários, [iCare4Depression](#) com a FCT e hoje integrada no [RECONNECTED](#), projeto do Horizonte Europa de 6,2 M€ que testa um sistema de apoio digital à saúde mental de comunidades vulneráveis em nove países, e no qual o INESC TEC desenvolve a plataforma digital [12, 13]. A plataforma é mantida através de contratos de serviço, o que demonstra um modelo de sustentabilidade para além dos projetos. Na partilha controlada de dados, o INESC TEC desenvolveu o enquadramento de privacidade e segurança do [iReceptor Plus](#), que integrou repositórios distribuídos de dados imunológicos com 20 parceiros da Europa e do Canadá [10], participou no [EUCAN-Connect](#), plataforma federada para análise de coortes entre a Europa e o Canadá, e contribui no PHASE IV AI para dados sintéticos e computação multipartida [11]. Na I&D farmacêutica in silico, lidera no [Inno4Vac](#) o desenvolvimento da plataforma de apoio à previsão da resposta imunitária a candidatos vacinais, com a Universidade de Oslo, a DTU, o HZI, a GSK e a ENPICOM [9]. Só nestes quatro projetos mais recentes, o INESC TEC captou cerca de 2,5 M€ de financiamento europeu competitivo. Falta a escala de serviço: um modelo que permita a hospitais, investigadores e empresas usar estas plataformas de forma continuada. Estas competências complementam-se com as de empresas nacionais que já operam plataformas de dados de saúde para sistemas de saúde estrangeiros e constroem com hospitais portugueses infraestruturas federadas [38], com unidades académicas de informática biomédica [33] e com as necessidades de dados de empresas farmacêuticas e de biotecnologia portuguesas, da descoberta de anticorpos ao desenvolvimento de vacinas [36, 37].

2.2. Posições portuguesas a avaliar

A posição portuguesa não decorre de dominar qualquer destas áreas no seu todo, mas de reunir, num espaço geográfico compacto, engenharia, investigação biomédica, hospitais universitários e empresas de base tecnológica com uma tradição de trabalho conjunto. Sobre esta circunstância podem construir-se posições distintas em cada tópico.

Na neuroengenharia, a posição mais sólida é a de **biomarcadores ópticos e neurodiagnóstico multimodal**, onde existe ciclo completo, reconhecimento europeu e participação em estudos internacionais [17, 18, 25]. Seguem-se a **monitorização digital quantitativa de doenças do movimento**, com empresa e ferramentas clínicas já desenvolvidas [19], e as **tecnologias de apoio e próteses inteligentes**, onde a aquisição internacional da Adapttech demonstrou que há mercado [20] e que é possível ter um ciclo completo de inovação baseado em ciência que termina com uma aquisição por um grande player mundial. A integração entre engenharia e clínica é a capacidade transversal que sustenta as três, e não uma posição em si.

Na oncologia, a posição mais distintiva é a de **coordenador europeu em estratificação multimodal do doente pulmonar**, uma área onde poucos consórcios integram imagem, auscultação digital, biópsia líquida e registos clínicos numa única plataforma [14]. A segunda é a **IA para decisão partilhada no**

cancro da mama, um nicho em que a combinação de ferramentas de simulação e ensaio clínico internacional não tem muitos equivalentes [15]. Uma terceira, emergente, é a de **IA oncológica treinada sobre dados sintéticos e protegidos**, que liga este tópico ao seguinte [11].

Nos dados e na modelação in silico há duas posições complementares. A primeira é a de **fornecedor europeu de plataformas de investigação em saúde com privacidade por desenho**: plataformas de intervenção digital em saúde mental com dados de mundo real [12, 13], partilha controlada de dados imunológicos e de coortes [10] e dados sintéticos como serviço [11]. A segunda é a de **parceiro de referência em experimentação in silico para a I&D imunológica**, com bancadas virtuais que integram dados de repertórios imunitários normalizados, aprendizagem automática e simulação mecânica, desenvolvidas em consórcio com universidades e empresas farmacêuticas europeias [9]. A primeira é uma posição de serviço e infraestrutura; a segunda, de codesenvolvimento com a indústria. Ambas têm procura crescente à medida que o EEDS entra em aplicação e a evidência in silico ganha aceitação.

Há também posições que convém declarar fora deste contributo. O fabrico de dispositivos médicos em série não é estratégico, porque a escala industrial está consolidada noutras geografias. O desenvolvimento de medicamentos e de vacinas tem atores nacionais próprios [27, 35–37] e não depende destes tópicos para existir; a relação com ele é de codesenvolvimento de métodos e modelos e de fornecimento de dados, biomarcadores e plataformas, e não de concorrência. Reconhecê-lo torna as restantes posições mais credíveis.

2.3. Rota até à escala

A rota até ao utilizador é diferente em cada tópico, e a diferença está menos na tecnologia do que em quem paga e quando.

Na **neuroengenharia**, os compradores dos biomarcadores e do neurodiagnóstico são as farmacêuticas que conduzem ensaios em doenças neurodegenerativas, os hospitais e os laboratórios de diagnóstico, com adoção previsível entre 2027 e 2030; o que falta é validação multicêntrica, conformidade com o regulamento europeu de dispositivos de diagnóstico in vitro e um modelo de reembolso. As tecnologias de monitorização e de apoio têm como utilizadores os serviços de neurologia e de reabilitação do SNS, as equipas de cuidados de saúde primários que acompanham estas doenças no dia a dia e os prestadores privados, e dependem sobretudo da certificação de dispositivos médicos e de instrumentos de compra pública de inovação.

Na **oncologia**, os utilizadores são os hospitais do SNS, os programas de rastreio e as empresas de software médico que integram ferramentas de apoio à decisão. A adoção das ferramentas de estratificação pulmonar é previsível entre 2028 e 2031, depois de validação prospetiva e de certificação como dispositivo médico, nos termos dos regulamentos europeus dos dispositivos médicos e da inteligência artificial [39], e poderá começar pela referência a partir dos cuidados de saúde primários; a das ferramentas de decisão partilhada no cancro da mama pode ser mais rápida, a partir dos resultados do ensaio clínico. Em

ambos os casos, o passo mais difícil é o segundo hospital: o primeiro aceita o risco de um piloto, o segundo exige certificação, integração nos sistemas de informação e evidência de custo-efetividade.

Nos **dados de saúde**, os compradores são as farmacêuticas e as organizações de investigação clínica que precisam de dados de mundo real, os reguladores, os prestadores de cuidados de saúde mental, incluindo as equipas de cuidados de saúde primários, e a futura entidade nacional de acesso a dados de saúde prevista no EEDS. Os contratos de serviço que já sustentam a plataforma Moodbuster mostram que o modelo é viável; para escalar falta uma certificação de privacidade reconhecida e uma parceria estável com a infraestrutura nacional do EEDS. As plataformas de modelação *in silico* têm como utilizadores as empresas farmacêuticas e de biotecnologia (incluindo as nacionais, da descoberta de anticorpos ao desenvolvimento de vacinas), as organizações de investigação clínica e os consórcios pré-competitivos europeus; a sua escala depende de validação retrospectiva contra dados de ensaios, de interoperabilidade com as normas comunitárias de dados e da aceitação da evidência *in silico* pelos reguladores.

2.4. Seleção e decisões estratégicas

Portugal deve liderar nos nichos em que já tem ciclo completo ou coordenação europeia: biomarcadores e neurodiagnóstico multimodal e estratificação multimodal do doente pulmonar. Liderar significa, neste contexto, aceitar horizontes de validação longos e financiar a fase entre a prova de conceito e a adoção, que nenhum outro ator financia.

Deve **construir capacidade própria** na monitorização digital e nas tecnologias de apoio, na decisão partilhada em oncologia, nas plataformas de dados de saúde com privacidade e na modelação *in silico* para a I&D imunológica e farmacêutica, onde há competência, mas falta escala e modelo de serviço. Deve **difundir** no SNS as ferramentas que já concluíram a validação clínica, usando a compra pública de inovação como primeiro mercado.

Deve **assegurar por cooperação** nacional e europeia a neuromodulação e as interfaces implantáveis, articulando-se com as capacidades clínicas existentes no país [29, 45] e com infraestruturas internacionais como a EBRAINS. E **não deve competir** no fabrico de dispositivos em série, nem duplicar o desenvolvimento de medicamentos e de vacinas, que tem atores nacionais próprios [27, 35-37] com os quais os três tópicos se articulam. Nenhuma destas exclusões é um juízo sobre o mérito das áreas; são o que torna a aposta seletiva.

3. Valor acrescentado e contributo para o país e autonomia após cinco anos

O valor acrescentado manifesta-se em três planos. No **conhecimento**, os três tópicos produzem ciência em questões abertas (IA multimodal e causal em dados clínicos heterogêneos, biomarcadores não invasivos, privacidade formal em dados de saúde, modelação computacional da resposta imunitária) e fazem-no em articulação com a investigação biomédica, a quem fornecem instrumentos e plataformas. Na **inovação**, convertem essa ciência em tecnologia validada em contexto clínico, que é o passo em que o sistema nacional mais tem falhado. Na **sustentabilidade do sistema de saúde**, contribuem para diagnósticos mais precoces, decisões clínicas mais informadas e partilhadas com os doentes, e um uso de dados de saúde com garantias para os cidadãos.

O **contributo territorial** parte de um núcleo no Norte, onde se concentram parte relevante das competências de engenharia, dos hospitais universitários e das empresas referidas, estendo-se ao país através dos parceiros clínicos e científicos em Lisboa e Braga, das empresas referidas e da rede de ULS do SNS. O contributo económico traduz-se em empresas de base tecnológica, licenciamento, exportação de serviços especializados e emprego qualificado, em que a meta de 300 empregos nas empresas do ecossistema de neuroengenharia em 2032 é um exemplo.

A autonomia após cinco anos assenta num modelo de financiamento em três partes aproximadamente iguais: financiamento competitivo nacional e europeu; contratos com a indústria e com instituições de saúde, incluindo licenciamento, prototipagem, testes e consultoria; e prestação de serviços, como acesso a laboratórios e ambientes de ensaio, serviços clínicos especializados e serviços de dados. Os contratos de manutenção e serviço da plataforma Moodbuster mostram que este modelo já funciona em pequena escala. Propõe-se como meta que, em 2031, pelo menos metade do financiamento dos três tópicos provenha de fontes que não a AI².

Tabela 2 — Valor acrescentado, financiamento e condições para a transição

Valor acrescentado e contributos para o país e autonomia após cinco anos	Tipologias de financiamento	Condições para a transição
Conhecimento e talento: doutoramentos em ambiente clínico e industrial, novos grupos de investigação	Áreas de I&D da AI ² , ERC, MSCA, Horizonte Europa	Massa crítica estável; formação avançada dedicada
Validação clínica e adoção: estudos multicêntricos, pilotos no SNS	Horizonte Europa Saúde, IHI, EU4Health, Missão Cancro, compra pública de inovação	Redes clínicas reutilizáveis; tempo protegido para clínicos; comprador identificado
Valorização e empresas: spin-offs, licenciamento, emprego qualificado	EIC, capital de risco, coinvestimento público, contratos industriais	Fluxo recorrente de tecnologias; aceleração; acesso a mercados
Infraestruturas e serviços: infraestrutura translacional, serviço de dados com privacidade	Domínios estratégicos da AI ² , fundos estruturais, EEDS, contratos com farmacêuticas	Modelo de serviço; governação partilhada

Valor acrescentado e contributos para o país e autonomia após cinco anos	Tipologias de financiamento	Condições para a transição
Internacionalização: coordenação de consórcios, contratos internacionais	Horizonte Europa e 10.º Programa-Quadro (2028–2034), Fundo Europeu de Competitividade, IHI, contratos externos	Parcerias recorrentes; retenção em Portugal de equipas e propriedade intelectual

3.1. Riscos e salvaguardas

O primeiro risco é a **captura por interesses instalados**: uma proposta construída a partir de uma instituição pode tender a reproduzir as suas prioridades.

O segundo é a **dispersão**: três tópicos com várias posições cada podem diluir o esforço. A salvaguarda é avaliar os marcos de 2030 posição a posição e concentrar, em 2032, o financiamento nas que os cumpriram. O terceiro é a **duplicação** com domínios vizinhos, em especial de IA, dados e biotecnologia; a regra de fronteira da secção 1.3 deve ser aplicada sempre que um projeto seja reivindicado por mais do que um tópico ou domínio.

O quarto risco é a **obsolescência ou o desalinhamento** com agendas externas: a evolução rápida dos modelos fundacionais de IA, a aplicação do EEDS, dos regulamentos de dispositivos médicos e do Regulamento Europeu da IA. O sinal é a taxa de sucesso em concursos europeus; se descer abaixo da média, as prioridades devem ser revistas. O quinto é a **ausência de procura ou de capacidade de absorção**, sobretudo no SNS: pilotos sem continuidade e ausência de contratos em 2029 devem levar a reforçar a rota de adoção ou a descontinuar a posição em 2032.

Há ainda riscos específicos: a dependência de financiamento para a infraestrutura translacional de neuroengenharia, que exige uma alternativa faseada caso não seja obtido; a saída de propriedade intelectual e de empresas por aquisição estrangeira sem atividade retida no país; e os riscos éticos e de aceitação social associados à neurotecnologia e ao uso de dados de saúde, que devem ser acompanhados à luz da Recomendação da UNESCO sobre a Ética da Neurotecnologia [22] e das regras do RGPD e do EEDS.

Referências

- [1] D. Hain, R. Jurowetzki, M. Squicciarini e L. Xu, Unveiling the Neurotechnology Landscape: Scientific Advancements, Innovations and Major Trends. Paris: UNESCO, 2023. doi: 10.54678/ocbm4164.
- [2] J. Olesen et al., "The economic cost of brain disorders in Europe", *European Journal of Neurology*, vol. 19, n.º 1, pp. 155–162, 2012.
- [3] Eurostat, Population structure and ageing, Statistics Explained, 2025; Eurostat, "Old-age dependency growing across EU regions", 1 de outubro de 2025.
- [4] Alves, S., Duarte, N., & Gomes, B. (2024). Forecasted dementia prevalence in Portugal (2020-2080). *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 37(5), 403-412.
- [5] Estudo Epidemiológico Nacional de Saúde Mental — 1.º Relatório. Lisboa: Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Nova de Lisboa, 2013.

- [6] Comissão Europeia, Plano Europeu de Luta contra o Cancro, COM (2021) 44 final, 2021.
- [7] Registo Oncológico Nacional, Relatório de 2022, dezembro de 2025. https://ron.min-saude.pt/media/2245/ron-2022_v2.pdf
- [8] Regulamento (UE) 2025/327 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de fevereiro de 2025, relativo ao Espaço Europeu de Dados de Saúde.
- [9] Inno4Vac — Innovations to accelerate vaccine development and manufacture, IMI2, GA 101007799, 2021–2027; Subtópico 1 VAXPRED. inno4vac.eu.
- [10] iReceptor Plus, Horizonte 2020, 2019–2022. ireceptor-plus.com.
- [11] Comissão Europeia, CORDIS, PHASE IV AI — Privacy compliant health data as a service for AI development, GA 101095384, 2023–2026.
- [12] RECONNECTED — A complex systems approach towards resilient and connected vulnerable European communities in times of change, Horizonte Europa, GA 101081020, 2023–2027. reconnected-project.eu.
- [13] INESC TEC, páginas dos projetos ICT4Depression, E-COMPARED, STOP Depression, iCare4Depression e EUCAN-Connect. inesctec.pt.
- [14] Comissão Europeia, CORDIS, AI4LUNGS — AI-based personalised care for respiratory disease using multi-modal data in patient stratification, GA 101080756, 2024–2027.
- [15] CINDERELLA, Horizonte Europa, GA 101057389, 2022–2026. cinderellaproject.eu; protocolo do ensaio: PLOS ONE, 2023. doi: 10.1371/journal.pone.0289365.
- [16] INESC TEC, páginas dos projetos LuCaS, LUCCA, CIRCUMSTANCE, BCCT.plan e LeGeM. inesctec.pt.
- [17] EARTO, EARTO Innovation Awards 2024. Bruxelas: EARTO, 2024.
- [18] Global Alzheimer's Platform Foundation, "iLoF secures clinical research contract to deploy its Optomics platform in Bio-Hermes-002", agosto de 2024.
- [19] D. Dias et al., "PDapp: A companion mobile application with appcessories for continuous follow-up of Parkinson's disease patients", IEEE MELECON, 2022. doi: 10.1109/MELECON53508.2022.9843129.
- [20] UPTEC, "Graduada da UPTEC adquirida por empresa norte-americana chega a 40 países", 3 de março de 2025. <https://noticias.up.pt/2025/03/11/graduada-da-uptec-adquirida-por-empresa-norte-americana-chega-a-40-paises/>
- [21] EBRAINS, "EBRAINS welcomes INESC TEC as new associate member", 6 de junho de 2023. <https://ebrains.eu/news-and-events/2023/ebrains-welcomes-inesc-tec-as-new-associate-member>
- [22] UNESCO, Recommendation on the Ethics of Neurotechnology, novembro de 2025.
- [23] Estratégia Nacional de Especialização Inteligente (ENI) 2030; Estratégia de Especialização Inteligente S3 NORTE 2027.
- [24] J. S. Paiva et al., "iLoF: An intelligent Lab on Fiber approach for human cancer single-cell type identification", Scientific Reports, vol. 10, 2020. doi: 10.1038/s41598-020-59661-5.
- [25] M. Mumtaz et al., "iLoF: A blood-based optical fingerprinting tool for Alzheimer's disease screening", Alzheimer's & Dementia, 2021. doi: 10.1002/alz.054501.
- [26] Relatório de Focagem Estratégica — Fatores Críticos para a Decisão, Critérios de Avaliação e Indicadores, AI², junho de 2026.
- [27] Bial, Pipeline — neurociências e doenças raras. bial.com/en/our-research/pipeline; Bial, Our Company (investimento em I&D).
- [28] Bial, "Bial Reports Topline Results from ACTIVATE Phase 2b Study in GBA-Associated Parkinson's", junho de 2026.
- [29] "São João atinge a marca de 500 cirurgias de estimulação cerebral profunda para o tratamento da doença de Parkinson", <https://portal-chsj.min-saude.pt/media/noticias/noticia-44/sao-joao-atinge-a-marca-de-500-cirurgias-de-estimulacao-cerebral-profunda-para-o-tratamento-da-doenca-de-parkinson>, Junho 2025.
- [30] i3S — Instituto de Investigação e Inovação em Saúde da Universidade do Porto; perfil EATRIS. eatris.eu.
- [31] ICVS — Life and Health Sciences Research Institute, Universidade do Minho; perfil EATRIS. eatris.eu.
- [32] Fraunhofer Portugal AICOS, About Us. aicos.fraunhofer.pt.

- [33] LASIGE, Health and Biomedical Informatics research line. lasige.pt.
- [34] INEGI, Biomecânica. inegi.pt.
- [35] Hovione, "Hovione unveils new continuous tableting line at Lisbon R&D centre". hovione.com.
- [36] GHO Capital, "GHO Capital realises significant return with sale of FairJourney Biologics", 1 de julho de 2024.
- [37] U.Porto Inovação, "Immunetep vai testar nova vacina multibacteriana em humanos", 31 de outubro de 2022; Notícias U.Porto, "Spin-off da U.Porto recebe 2 milhões para travar infeções por E. coli", 20 de março de 2025.
- [38] Notícias U.Porto, "Startup da UPTEC é parceira tecnológica do SNS do País de Gales", 11 de abril de 2024.
- [39] Regulamento (UE) 2017/745, relativo aos dispositivos médicos; Regulamento (UE) 2017/746, relativo aos dispositivos médicos para diagnóstico in vitro; Regulamento (UE) 2024/1689, que cria regras harmonizadas em matéria de inteligência artificial.
- [40] Decreto-Lei n.º 102/2023, de 7 de novembro — criação das Unidades Locais de Saúde.
- [41] Comissão Europeia, European Virtual Human Twins Initiative, Shaping Europe's digital future. digital-strategy.ec.europa.eu.
- [42] European Medicines Agency, Reflection paper on the use of Artificial Intelligence (AI) in the medicinal product lifecycle, CHMP/CVMP, setembro de 2024.
- [43] ICH, M15 — General principles for model-informed drug development, Step 4, 29 de janeiro de 2026 (EMA, Step 5).
- [44] European Medicines Agency, Qualification of novel methodologies for medicinal product development — guidance to applicants, 2026.
- [45] Fundação Champalimaud, Centre for Restorative Neurotechnology (Neurotechnology Warehouse; Digital Neurotherapeutics Centre) e Digital Surgery Lab. fchampalimaud.org.
- [46] European Medicines Agency e U.S. Food and Drug Administration, Guiding principles of good AI practice in drug development, 14 de janeiro de 2026.
- [47] Meln, I., Van Molle, W., Vélez, M. P., Baay, M., Bracewell, D. G., Brusselmans, K., ... & Calvosa, E. (2026). Second regulatory workshop on utilising in silico models to expedite vaccine development, testing, and lifecycle management-an expert meeting report. *Vaccine*, 86, 128733.