

AGENDA TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO

TRABALHO, ROBOTIZAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DE EMPREGO EM PORTUGAL

Versão de 28 novembro 2019

(em fase de pré-finalização)

AGENDA TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO

TRABALHO, ROBOTIZAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DE EMPREGO EM PORTUGAL

Coordenação do Grupo de Peritos

António Brandão Moniz, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Univ. Nova de Lisboa

Redatores do Grupo de Peritos

Ana Paiva, IST, Univ. de Lisboa

António Brandão Moniz, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Univ. Nova de Lisboa

Carlos Ramos, Instituto Politécnico do Porto

Fatima Suleman, ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa

Ilona Kovacs, ISEG, Univ. de Lisboa

José Barata, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Univ. Nova de Lisboa

Luís Camarinha-Matos, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Univ. Nova de Lisboa

Nuno Boavida, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Univ. Nova de Lisboa

Pedro Lima, IST, Univ. de Lisboa

Victor Corado Simões, ISEG, Univ. de Lisboa

Victor Neto, Univ. de Aveiro

Peritos envolvidos no processo

Alípeo Jorge, Faculdade de Engenharia, Univ. do Porto

Aníbal Traça de Almeida, Dep. de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Univ. de Coimbra

António Dourado, António Dourado, Univ. de Coimbra

Carlos Carneira, IST, Dep. de Engenharia Mecânica, Univ. de Lisboa

Cristina Peixoto dos Santos, Algoritmi, Univ. do Minho

Elísio Estanque, CES, Univ. de Coimbra

Helena Carvalho, UNIDEMI, Univ. Nova de Lisboa

João Tavares, Dep. Engenharia Mecânica da Univ. do Porto

Joaquim Norberto Pires, Dep. Engenharia Mecânica, Univ. de Coimbra

José Santos-Victor, IST, ISR, Univ. de Lisboa

Miguel Ayala Botto, IDMEC, Univ. de Lisboa

Miguel Preto, IST, Dep. de Engenharia e Gestão, Univ. de Lisboa

Paulo Novais, Dep. de Informática, Univ. do Minho

Agradecimentos especiais

É devido um particular reconhecimento aos participantes no workshop público realizado no INESC TEC, em 28 de junho de 2018, nomeadamente os comentadores:

- **José Manuel Mendonça**, Faculdade de Engenharia, INESC TEC, Universidade do Porto
- **Aurora Teixeira**, Faculdade de Economia, Universidade do Porto
- **Francisco Duarte**, Bosch
- **Armindo Silva**, ex-Diretor DG EMPL (*Employment, Social Affairs, & Inclusion*)

É igualmente devida uma menção de agradecimento aos representantes de empresas que participaram na sessão de trabalho sobre Qualificação e Emprego em atividades de Robótica e de Inteligência Artificial, realizada na FCT, em 19 de fevereiro de 2018, a saber:

Albatroz (Gomes Mota) | ATEC (João Carlos Costa) | Gestmin /GLN (José Carlos Gomes) | IDMIND (Paulo Alvito) | Lisboa Robotics (André Marins e Ana Aníbal) | SARKKIS (José Oliveira) | SICOG (Ernesto Morgado e Ricardo Saldanha) | SONAE (Tiago Oliveira) | Turf Lynx (Marco Barbosa) | USVISISON | (Nuno Simões e Paulo Marques) | TICE.PT (Vasco Lagarto) | VISION-BOX (Elisabte Pires e Pedro Torres)

Equipa Técnica da FCT

José Bonfim (Coordenador), Daniel Ferreira, Joelma Almeida, Maria João Sequeira
Colaboradores: Marisa Borges e Natália Dias

Colaboração do Gabinete de Estudos e Estratégia

Isabel Reis, com a colaboração de Inês Fonseca (mapeamento de financiamentos)
Daniel Ferreira, Vanja Karadzic (consulta a organismos públicos)

Coordenação Geral das Agendas Temáticas de I&I

José Bonfim
Tiago Santos Pereira

NOTA INTRODUTÓRIA

Este documento resulta de um período de intenso trabalho, iniciado em março de 2017, em torno da identificação, formulação e sistematização das grandes questões e desafios que se colocam neste tema num horizonte de longo prazo (2030). Este trabalho foi levado a cabo por uma equipa de peritos envolvendo análise e debate com a academia, centros de investigação, organismos públicos e também empresas. No que respeita a esta última vertente, foi organizada (em fevereiro de 2018) uma reunião de discussão com representantes de empresas com atividade em Robótica ou Inteligência Artificial para identificação de problemas avaliados como críticos em termos de Qualificação para o Emprego. Para além da dinamização deste processo, que inclui também a conceção do seu modelo geral, a FCT teve um papel de coordenação técnica, sendo também responsável pela elaboração de algumas seções do texto, nomeadamente a nível de enquadramento e caracterização da área temática onde a Agenda incide.

Com o objetivo de possibilitar a discussão pública da Agenda antes da finalização do processo de redação, teve lugar no dia 28 de junho de 2018, no Porto, um *Workshop* público de apresentação de um documento de trabalho, incentivando a participação alargada da comunidade científica e de inovação, de entidades públicas e de associações e *stakeholders* com interesse no tema.

ÍNDICE

Nota Introdutória.....	4
Sumário Executivo.....	7
Capítulo 1 – Visão e Desafios para 2030	10
1.1 Visão	10
1.2 A importância do tema para Portugal	11
1.3 Os grandes desafios para o país	14
Capítulo 2 – Investigação e Inovação na área do Trabalho, Robotização e Qualificação do Emprego em Portugal e no Mundo	17
2.1. Estado da Arte: desenvolvimentos nos últimos 10 anos	17
2.2 Estratégias de I&I a nível internacional	18
2.3. A investigação e inovação em Portugal. Alguns indicadores	25
2.4. Diagnóstico da área em Portugal.....	37
Capítulo 3 – As políticas públicas e a Investigação e Inovação	39
3.1 As políticas públicas nos últimos 10 anos	39
3.2 Desafios para a Agenda	43
Capítulo 4 – Sub-temas (áreas estratégicas de investigação e inovação	49
4.1. Robotização Avançada, Sistemas Autónomos e Inteligência Artificial (I.A.) e novos modelos de trabalho.....	49
4.2. Qualificação das pessoas, competências e fatores de empregabilidade.....	59
4.3 Desenvolvimento da Robotização e da Inteligência Artificial como fonte de Desafios e Oportunidades para a Sociedade.....	71
Capítulo 5 – Conclusões:	82
5.1 Desafios. A Agenda e a Sociedade Portuguesa	85
5.2. Áreas estratégicas para a I&I	86
5.3. Desenvolvimento Tecnológico Económico e Social	88
Bibliografia -	91

**AGENDA TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO
TRABALHO, ROBOTIZAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DO EMPREGO EM
PORTUGAL**

Sumário Executivo

Esta Agenda Temática de Investigação e Inovação (I&I) pretende delinear perspetivas de I&I, a médio e longo prazo (até 2030), no seu foco temático, com base numa reflexão estratégica alargada a nível do sistema científico, tecnológico e de inovação. A Agenda pretende constituir um documento dinâmico que possa inspirar o aprofundamento através de um debate que deverá prosseguir, explorando, em particular, os saberes de natureza multi e interdisciplinar em jogo e a multiplicidade de atores que potencialmente possam contribuir para tal debate

O foco temático desta Agenda constitui um desafio estimulante por corresponder a um tema em debate crescente no espaço público, a nível internacional e nacional, refletindo questões emergentes e complexas relativas a impactos significativos de desenvolvimentos de tecnologias computacionais, em particular da Robótica e da Inteligência Artificial, com potencial para induzirem processos de automação nos mais variados setores de atividade da economia e da sociedade. Neste contexto, colocam-se importantes desafios com relação a impactos sobre dimensões críticas dos mercados de trabalho, nomeadamente a nível de:

- ❖ **Emprego** (destruição e criação de postos de trabalho ou sua reafetação). Empregabilidade;
- ❖ **Competências e qualificações** requeridas no quadro de delineamento de novos perfis profissionais;
- ❖ **Novas formas de trabalho, funções e profissões**. Condições de trabalho;
- ❖ **Novos modelos de negócio**;
- ❖ **Colaboração entre humanos e sistemas inteligentes** (otimização da interação humana com sistemas de automação);
- ❖ Necessidade crítica de **conhecimento de dinâmicas de diversos setores específicos perante uma crescente disponibilidade de sistemas e tecnologias com potencial de automação** de atividades e tarefas, tendo em consideração a variabilidade de situações nos diversos contextos setoriais;
- ❖ **Intensificação do esforço de investigação e inovação de base multi e interdisciplinar**, articulando saberes e competências significativos existentes nas vertentes das tecnologias digitais (em particular Robótica e Inteligência Artificial) e das ciências socio-económicas em Portugal.

A Agenda está organizada como a seguir se descreve sucintamente: numa primeira parte (capítulo 1, 2 e 3), procura-se, no essencial, situar o tema da Agenda, a nível internacional, mas considerando igualmente o contexto nacional. Estes capítulos, para além de abordar a visão e os desafios específicos que se colocam em Portugal, incide igualmente sobre aspetos de caracterização e diagnóstico da área temática, com enfoque nomeadamente em: (i) Evolução do estado da arte nos últimos anos; (ii) Análise de estratégias de investigação e inovação a nível internacional, especificando aspetos gerais de outras Agendas implementadas em diversos países ou na UE; (iii) Análise de recursos e potencial existente (na medida da informação disponível); (iv) Breve diagnóstico sobre o desenvolvimento da área temática em Portugal, em várias vertentes, nomeadamente assinalando sub-temas (áreas estratégicas) com maior potencial de investigação e inovação em Portugal.

Identifica-se, ainda, políticas públicas implementadas em Portugal que tenham relação potencialmente relevante com o tema da Agenda, em particular com as questões chave para investigação e inovação

desenvolvidas no capítulo 4 da Agenda. Tal análise não pretende fazer uma reflexão sobre objetivos de instrumentos e medidas de política em si mesmos, mas essencialmente enquadrar e apontar questões ou problemas que possam servir de referência para reflexão para todos aqueles que pretendam pensar o futuro desta área temática nas diversas dimensões em jogo.

Na segunda parte, o capítulo 4 constitui o cerne da Agenda e incide sobre os sub-temas (áreas estratégicas) a aprofundar até 2030, definidas pelos peritos que participaram na elaboração desta Agenda, a saber:

1. Robotização Avançada, Sistemas Autónomos e Inteligência Artificial (IA) e novos Modelos de Trabalho

No âmbito desta área estratégica de I&I, as principais áreas estratégicas para I&I envolvem nomeadamente opções relativas ao *design* do processo produtivo; novas formas de trabalho e sua organização; interação indivíduo-robô em ambientes complexos de trabalho; dimensões éticas, legais e sociais do trabalho com sistemas automatizados; relação entre produtividade, automação (via robótica e IA) e trabalho; sistemas avançados de produção e segurança, novas qualificações profissionais.

2. Qualificação das Pessoas, Competências e fatores de Empregabilidade

No quadro desta área estratégica, destaca-se questões de I&I tais como necessidades emergentes de formação, caracterização dos empregos criados, preservação de sociabilidades no trabalho, diagnóstico e prospetiva do parque tecnológico no país, polarização do mercado de trabalho, novas atividades e novos empregos associados à introdução de processos computadorizados, interação humano-máquina do ponto de vista das qualificações, competências e empregabilidade, novas atividades e profissões.

3. Desenvolvimento da Robotização e da Inteligência Artificial como fonte de Desafios e Oportunidades para a Sociedade

Esta dimensão estratégica abarca desafios e questões para I&I incidindo particularmente sobre recriação de profissões em setores tradicionais e estabelecimento de novas profissões e funções; novas possibilidades para extensão das capacidades a nível humano (novas formas de ocupação profissional); novos modelos de colaboração entre humanos e sistemas inteligentes bem como de inter-ação entre humanos e robôs; desenvolvimentos em robótica inteligente e IA orientados para paz, sustentabilidade e qualidade de vida; exploração de oportunidades de inovação induzidas pela utilização crescente de sistemas de robótica e de inteligência artificial.

Finalmente, no capítulo 5, além das conclusões, procura-se **focalizar as principais dimensões de análise natureza transversal** refletidas nesta Agenda Temática de Investigação e Inovação. Em particular, aborda-se as relações entre sistemas de automação (via Robótica e Inteligência Artificial, num quadro de crescente integração de tecnologias digitais) e os seus impactos nos mercados de trabalho, nomeadamente a nível de destruição e criação de emprego e de postos de trabalho.

Os impactos dos processos de automação nos diferentes setores de atividade colocam desafios, nomeadamente a nível de competências e perfis requeridos, cuja definição implica a necessidade de um conhecimento aprofundado das dinâmicas tecnológicas e de empregabilidade e de condições de trabalho em diferentes setores de atividade. Conclui-se que, para tal, é crítico mobilizar, em Portugal, as

reconhecidas capacidades existentes no país em I&I nos domínios das tecnologias digitais e das ciências socio-económicas em jogo e apostar no estudo aprofundado de aspetos de interface aplicáveis.

Capítulo 1 – Visão e Desafios para 2030

1.1 - Visão para o Trabalho, Robotização e Qualificação para o Emprego em Portugal até 2030

- *Enquadramento:*

O progresso no domínio da robótica e da inteligência artificial (IA) tem vindo a impulsionar a importância do processamento informático e dos computadores, a profusão de Dados, colocando novos problemas de natureza societal e consequentemente, novos problemas à ciência e novas necessidades em termos de inovação, nomeadamente de inovação social. No âmbito desta Agenda importará delimitar/focar a resposta a estes problemas com base na realidade do país, tendo em conta as perspetivas sobre a evolução da robotização e da IA em Portugal bem como as relações com novos modelos de trabalho, e os sectores da economia portuguesa potencialmente mais permeáveis à introdução destes sistemas autonomizados ou robotizados.

Os sistemas de IA, embora de forma orientada, começaram a ter **impactos transformacionais na vida quotidiana**¹, no limite “revolucionários” ou **disruptivos**, levantando diversos **problemas de natureza social, ética e legal**, envolvendo questões como a transparência, a salvaguarda de que a tecnologia IA opera sem comportamentos indesejados ou imprevisíveis, e a necessidade de uma liderança global responsável. Este enorme **potencial da robótica e da IA para redesenhar a forma como vivemos e trabalhamos**, tem conduzido a evidentes melhorias na produtividade e na eficiência geradas pela difusão destas novas tecnologias, **não havendo ainda um consenso sobre o seu impacto final sobre o mercado de trabalho e sobre a população ativa.**

Admite-se que estas tecnologias possam provocar aumentos significativos de desemprego, sobretudo pela substituição em segmentos caracterizados pelo trabalho repetitivo e menos qualificado – havendo quem defenda que se observará uma destruição subtil de partes das tarefas e não das atividades na sua totalidade. Admite-se simultaneamente que **estas tecnologias venham a gerar uma profunda transformação do tipo de emprego existente, com a criação de novos empregos e de novas indústrias e serviços e atividades económicas e sociais em geral, podendo compensar desejavelmente aquelas perdas**, embora sempre acompanhadas pela **intensificação tendencial do papel da Robótica e da IA**, numa perspetiva que pode também ser entendida como libertadora e potenciadora dos resultados a atingir pelos homens.

Assim, as novas áreas de atividade económica e de emprego poderiam vir a afetar a estrutura da população ativa, embora não se traduzindo necessariamente em menores taxas de emprego globais, tendendo para um “equilíbrio” de longo prazo, não obstante o que seriam expectáveis agravamentos significativos da desigualdade de rendimentos. Os crescentes fluxos migratórios na Europa e no Mundo, provocando reorganização das populações ativas nas suas competências, serão certamente outro fator a ter em conta, nomeadamente porque os riscos de automação tenderão a incidir fundamentalmente sobre empregos menos qualificados e de menores salários, mas também pelas oportunidades associadas a efeitos de complementaridade (faixas etárias mais jovens, diversidade de competências).

¹ Desde automóveis sem condutor a supercomputadores que podem assistir os médicos e o diagnóstico médico, ou a sistemas tutoriais que desenham conteúdos de aulas dirigidos às necessidades cognitivas individuais de cada aluno.,

Por seu lado, **novas competências e perfis profissionais serão necessários**, devendo o **sistema de educação desenvolver a capacidade de antecipar as competências necessárias no futuro e garantir a sua formação**, caminhando nomeadamente no sentido de formar uma população com competência digital, e focar-se, por outro lado, na criação de competências resilientes à substituição pelas tecnologias da robótica e do IA (por exemplo em termos da criatividade). Outros problemas sociais, legais, éticos e de governança estarão igualmente implicados nesta problemática, nomeadamente em termos de governança: segurança e controle, verificação e validação, decisão e transparência; privacidade e consentimento, responsabilidade; governança – padrões e regulação; diálogo público.

- *A visão:*

De uma forma sintética, a visão para o país nesta vertente poderá condensar-se nos aspetos seguintes:

Caixa – 1

- **Portugal deverá ganhar massa crítica no tema e contribuir para o conhecimento em termos nacionais e internacionais, através do desenvolvimento de linhas de investigação** que abordem a robotização e a IA na sua *interface* com a organização do trabalho e as qualificações do emprego;
- **Portugal deverá** possibilitar um bem-estar social e uma competitividade da economia que posicionem o País entre os países de referência, **introduzindo inovações** que permitam a aplicação da robotização e da IA à economia e à sociedade;
- **Portugal devesse antecipar as necessidades em matéria de qualificação** que permitam criação do capital humano adequado a situações de transição e a sua deslocação dos sectores/segmentos mais tradicionais/suscetíveis de substituição pela máquina;
- **Portugal deverá promover a transformação da estrutura produtiva do país, assegurando a emergência de novos empregos e funções e envolvendo os atores do ecossistema** na definição de políticas laborais flexíveis e seguras;
- **Portugal deverá ambicionar posicionar-se como país líder na experimentação de novas formas de produção centrada no Ser Humano e de colaboração humano-robô** em ambiente empresarial;
- **Portugal deverá constituir-se como local atrativo para o estabelecimento de projetos de investimento internacional, criadores de emprego qualificado**, visando a aplicação de novos processos industriais ou de outros setores de atividade económica **assentes na utilização da robótica e da IA** como potenciadores da criatividade humana

1.2 - A importância da relação Trabalho, Robotização e Qualificação para o Emprego em Portugal

O crescente interesse público e investimento privado na área da automação, nomeadamente associada a robótica e a inteligência artificial em Portugal tem-se traduzido em inovações tecnológicas em áreas de potencial automação, como a indústria automóvel, modernização das funções de logística, serviços, saúde, agricultura, extração mineira, indústria alimentar, indústria de plásticos e produção de metal.

No espaço público a nível internacional, tem decorrido nos últimos anos debate crescente sobre os impactos da automação sobre o emprego, tendencialmente centrado nos riscos de destruição de postos de trabalho. Em tal debate coexiste o que poderíamos designar por uma perspetiva “pessimista” e outra otimista sobre os impactos da automação e o futuro do trabalho.

A primeira **perspetiva (pessimista)** tem merecido um apreciável a nível dos media e assenta em previsões apontando para riscos muito elevados de perda de empregos num largo número de profissões. Um dos estudos recorrentemente invocado e com largo impacto, foi conduzido por Frey e Osborne (2013 e 2017) incidindo sobre os EUA o qual apontava para o facto cerca de 47% dos postos de trabalho naquele país estarem em risco de serem automatizados dentro de uma a duas décadas. Esta perspetiva com as hipóteses em que se baseia tem sido retomada por análises conduzidas para vários países envolvendo quer o meio académico quer nomeadamente algumas grandes empresas multinacionais de consultadoria. Tal perspetiva tem encontrado eco significativo na opinião pública (4% de opiniões favoráveis²) na qual, por exemplo, a nível europeu, se verifica a dominância da opinião daqueles que anteveem que mais empregos desaparecerão do que aqueles que serão criados em consequência inserção de robôs e IA nas atividades correntes

A designada **perspetiva otimista** tem um forte suporte nos trabalhos conduzidos por Arnzt, Gregory e Ziearahn (2016, 2017), no quadro de estudos no âmbito da OCDE e outros, onde, discordando de uma abordagem centrada nos conteúdos das profissões, clamaram pela conveniência de focar a análise e os cenários de evolução possíveis nas tarefas que compõem tipicamente as profissões e os postos de trabalho (e não estes no seu todo). Este foco conduz a resultados completamente diferentes, com uma muito menor percentagem (cerca de cinco vezes menos) de risco de desaparecimento de postos de trabalho. Tal facto deriva de cada profissão (e posto de trabalho) ser composto de tarefas com propensão e dificuldades bastante variáveis para a sua automação de forma eficiente, sendo que, por outro lado, o facto de haver risco de perda de emprego não significa necessariamente que tal se concretize.

Acresce que as condições concretas onde as atividades são desenvolvidas, **os contextos nacional, regional ou mesmo setorial podem determinar dinâmicas diversas no processo de destruição, reafecção e criação de emprego associado ao processo de automação**. Em termos globais, e num contexto de muita incerteza, não são ainda conhecidos os impactos dos processos de automação (com base em Robótica e IA) no mercado de trabalho. Apesar de naturalmente existir destruição de emprego, resultados recentes apontam, de um modo geral, para o facto de as tecnologias computacionais, considerados no seu todo, estarem a gerar emprego em medida superior ao que é destruído.

De qualquer modo, as indicações existentes apontam para uma potencial vulnerabilidade de Portugal face aos riscos de automação em alguns setores, dada a estrutura produtiva e ocupacional e o nível ainda insatisfatório de qualificações. É sabido que parte significativa do trabalho automatizável irá incidir sobre tarefas rotineiras desempenhadas por trabalhadores pouco qualificados. Sendo certo que o país vem desenvolvendo um esforço persistente a nível de educação, naturalmente os impactos sobre o incremento médio de qualificações a nível de população ativa exigirá tempo até se atingir patamares mais elevados. Entretanto, o país deverá continuar, desse ponto de vista, a apresentar fragilidades nomeadamente devido a dificuldades que poderão ocorrer de adaptação de segmentos da força de

² Eurobarometer, European Commission 2017

trabalho aos novos perfis de competências requeridos. Tais dificuldades serão tanto maiores quanto mais intensiva for a penetração de sistemas de automação nos processos produtivos e de atividade económica em geral.

De acordo com o Relatório financiado pela Microsoft e realizado pela *Ernst and Young (E&Y) - Artificial Intelligence in Europe, Portugal Outlook for 2019 and beyond* - apenas 4% das empresas de um conjunto de 277 empresas inquiridas no contexto europeu - **utilizam efetivamente a IA num conjunto significativo de processos e de forma a possibilitar tarefas avançadas**. Por outro lado, 9% das empresas portuguesas consideram a IA a prioridade digital mais importante para a sua organização (acima do valor agregado europeu). Cerca de 50% dessas empresas esperam que a IA tenha um elevado ou muito elevado impacto nas áreas de negócio, *core* e adjacentes, e 45% em novas áreas de negócio (acima do valor agregado europeia), o que sugere uma antecipação de grandes transformações nas suas atividades. Estes dados parecem revelar que as poucas empresas que valorizam significativamente a IA para o futuro das suas atividades esperam um impacto elevado das mesmas.

Por outro lado, de acordo com um estudo da *MCKinsey&Company “A Automação e Futuro do Emprego em Portugal)*, estima-se em 52% o tempo laboral despendido em Portugal em tarefas repetitivas e altamente automatizáveis, com mais de 70% de potencial de automação. Os sectores que apresentam maior potencial de automação são, também de acordo com este estudo, a produção fabril, o comércio, a agricultura e pescas, o sector dos transportes e armazenamento e a indústria mineira. Independentemente da incerteza obviamente associada a estas previsões, as mesmas constituem matéria para reflexão e aprofundamento através de estudos de caso. **Em termos nacionais é ainda inexistente um ecossistema consolidado de ligação entre a investigação em robótica em IA e a procura sistemas de automação pelo tecido produtivo.**

No que respeita a **robotização em Portugal**, é sabido que tem ocorrido um crescimento significativo na introdução de robôs a nível de processos industriais (nomeadamente em alguns setores) e que progressivamente os robôs vêm sendo inseridos em outras atividades com a agricultura, saúde. Os dados de robotização existentes incidem sobre a indústria, sendo que, neste setor, de acordo com a informação disponível, a densidade de robôs por 1000 trabalhadores em 2015 colocava Portugal em 15º lugar de entre 26 países da UE, com um valor de 0,6 (bastante inferior ao verificado, por exemplo, em Espanha (1.5)). No entanto, em 2016, Portugal foi um dos países onde se verificou uma maior crescimento da densidade de robôs na indústria o que indicar uma dinâmica que poderá ter-se acentuado, considerando outras fontes de informação³.

Existindo em Portugal comunidades científicas e tecnológicas com bastante dinamismo quer a nível de robótica e inteligência artificial quer a nível de economia e sociologia do trabalho, emprego e qualificações, verifica-se, porém, que, é **escassa a atividade de investigação na interface destes domínios a nível inter e multidisciplinar** (o que constitui o cerne e motivação relevante desta Agenda Temática de I&I).

Como salientado ao longo desta Agenda, **Portugal não dispõe do conhecimento suficiente sobre o grau de desenvolvimento dos sistemas de IA e de robótica e seus impactos socio-económicos, nomeadamente a nível de emprego e necessidades de qualificação**, em particular com relação a duas

³ “The growing presence of robots in EU industries”, Brugel, 2017) a partir de dados da IFR.

dimensões críticas em jogo, a saber: risco de destruição de postos de trabalho e oportunidades de (re)-criação dos mesmos.

Assim, constitui um desafio crucial para Portugal a criação de massa crítica nesta área de estudos sobre a *interface* entre o **trabalho, robótica e emprego e suas interações** - sendo urgente o suporte de resultados de investigação e inovação para utilização pelos decisores de política pública, empresários e outros *stakeholders*, no redesenho de formas de organização do trabalho e na redefinição de competências e de conteúdos formativos, acompanhando de perto as sugestões que se delineiam no âmbito europeu -preparando o país para as grandes transformações com base em tecnologias digitais tendem a intensificar-se.

1.3 Os grandes desafios para o desenvolvimento das interações entre Trabalho, Robotização e Qualificação para o Emprego em Portugal até 2030

Os **grandes desafios** para o desenvolvimento do tema encontram-se estruturados nos seguintes grandes domínios: (i) Robotização Avançada, Sistemas Autónomos e Inteligência Artificial (I.A.) e novos modelos de trabalho; (ii) Implicações da robotização, automação e inteligência artificial na qualificação, competências e fatores de empregabilidade individual; e (iii) Desenvolvimento da Robotização e da Inteligência Artificial como fonte de Desafios e Oportunidades para a Sociedade.

No domínio da **Robotização Avançada, Sistemas Autónomos e Inteligência Artificial (I.A.) e novos modelos de trabalho**, foram identificados como desafios o reconhecimento da importância da automatização (através da robótica e da IA) nos diversos sectores produtivos, associada à capacidade de inovação e à necessidade de modernização da infraestrutura produtiva; e, ainda, a emergência de novos modelos de trabalho, a necessidade de elaboração de *roadmaps* atualizados, bem como a introdução do elemento humano na modelação, simulação e controlo e a segurança recorrendo a sistemas automatizados.

Subjacentes a estes desafios, salientam-se **questões para a investigação** nomeadamente as relacionadas com o **aumento da produtividade, automação e formas de organizar a produção e o trabalho**, o *taylorismo* digital e a fragmentação do trabalho entre tarefas suscetíveis e não suscetíveis de automação. De destacar os fenómenos possíveis de polarização entre especialistas muito qualificados e trabalhadores pouco qualificados, ou de centralização/descentralização do poder de controlo sobre todo o processo produtivo e equipamentos bem como as novas formas de trabalho e emprego (a interação indivíduo-robô em ambientes complexos de trabalho e as dimensões éticas, legais e sociais do trabalho com sistemas automatizados).

Do ponto de vista da **inovação**, foram identificados como desafios o crescimento da **produtividade através da melhoria das condições de trabalho** e o conhecimento do papel das pessoas nos ambientes automatizados e otimização da participação humana na tomada de decisão,

No domínio das **Implicações da robotização, automação e inteligência artificial na qualificação, competências e fatores de empregabilidade** individual, a **reflexão científica em Portugal** é ainda **embrionária**.

Constituem igualmente desafios o **estudo das necessidades de qualificações e competências**, desde a literacia tecnológica, às qualificações altamente especializadas e competências cognitivas e técnicas, com uma especial atenção à **rápida obsolescência das qualificações existentes, aos desafios para o sistema de educação-formação**, e à necessidade de **antecipar a oferta de qualificações e competências**.

Entre **as questões chave**, há a considerar a **identificação dos empregos já destruídos e das tarefas e categorias da população que serão atingidas**, bem como dos **empregos que serão criados** e das características da estrutura produtiva, os **novos modelos socio-técnicos e organizacionais em rede**, e os novos modelos de empreendedorismo e associativismo.

São ainda **identificados desafios em termos da inovação** em torno dos seguintes aspetos: necessidade de adaptação ao mundo da “Informação Abundante” às transformações comportamentais e incorporação de tecnologias no trabalho; **necessidade de mapear as ocupações ou atividades profissionais e de criar conhecimento a partir deste mapeamento por forma a orientar a oferta e procura de educação e formação**; necessidade de reconfiguração da regulação do mercado de trabalho e garantia de o mesmo ser sustentável e inclusivo.

No que respeita ao domínio **Desenvolvimento da Robotização e da Inteligência artificial como fonte de Desafios e Oportunidades para a Sociedade**, os **desafios à investigação colocam-se num contexto de acentuada transformação demográfica**, de aumento de eventos disruptivos (causados pelo homem ou naturais) e de **crecente dependência de sistemas tecnológicos complexos**. Entre estes desafios, evidenciam-se a recriação de profissões em sectores tradicionais decorrente da introdução de robotização e sistemas inteligentes, o estabelecimento de novas profissões e funções, nomeadamente em áreas como apoio ao envelhecimento ativo, segurança, entretenimento, educação e formação. Juntam-se a estes desafios, o estudo *de novos modelos de colaboração inter-geracional* (robótica de serviços), e de *colaboração entre humanos e sistemas inteligentes* (robótica colaborativa),

Neste mesmo contexto, colocam-se os **seguintes desafios na vertente inovação**:

- Desenvolvimento **de processos de produção industrial centrada no Ser Humano**;
- Exploração das **oportunidades de inovação induzidas pela utilização crescente da robótica e da IA**;
- Iniciativas de **experimentação de novos modelos de trabalho**, (articulação entre o trabalho humano e a utilização da robótica e da IA, conjugadas com as políticas de promoção de sistemas de produção inteligente);
- **Novos modelos de gestão industrial e de serviços bem como de modelos de negócio com recurso à robótica e à AI**;
- Iniciativas empresariais inovadoras, explorando as possibilidades de **estabelecimento de novas profissões e funções e/ou da recriação de profissões em sectores tradicionais**, através da utilização das possibilidades oferecidas pela utilização da robótica e da IA;

- **Novas iniciativas empreendedoras, de elevada intensidade cognitiva, visando a exploração económica de formas inovadoras de aplicação socialmente responsável das oportunidades criadas pela robótica e pela IA;**
- **Desenvolvimento de novas técnicas de IA e robótica que suportem a articulação entre os humanos e os robôs;**
- **Formação profissional no sentido de transmitir os conhecimentos básicos necessários para trabalhar e acrescentar valor num quadro operacional caracterizado por crescente robotização e utilização de IA.**

Capítulo 2 – Investigação e Inovação na área do Trabalho, Robotização e Qualificação do Emprego em Portugal e no Mundo

2.1 - Estado da Arte: desenvolvimentos dos últimos 10 anos

Nos últimos 10 anos emerge a 4ª revolução industrial que integra os elementos da terceira computadorização da produção. Teremos assim, com este conceito de “indústria 4.0”, sistemas produtivos fortemente automatizados, com uma crescente computadorização de atividades e integração de diferentes tecnologias (características da chamada 3ª revolução industrial), como a “internet das coisas” (IoT), ou os sistemas ciber-físicos (CPS), e a “nuvem” (*cloud computing*). Mas além disso, novas tecnologias estão disponíveis e podem ser integradas nos sistemas produtivos industriais aumentando a sua capacidade e a sua produtividade.

Este processo de mudança tem acelerado as alterações estruturais da economia nos últimos anos (globalização, flexibilização de horários de trabalho, mobilidade, diminuição de custos de trabalho, concorrência), o que significa que o impacto nos mercados de trabalho tem sido cada vez mais importante. De entre essas alterações que afetam sobretudo o modo de trabalhar e a estrutura do emprego podemos destacar, entre outros, as seguintes:

- a) Digitalização do trabalho com novos requisitos de competências;
- b) Alterações nas estruturas profissionais (flexibilidade e qualificação);
- c) Precarização de relações laborais (plataformas e orientação para a tarefa);
- d) Transferências setoriais de requisitos de postos de trabalho.

A reflexão sobre as consequências da automação na evolução do mercado de trabalho constitui um dos temas mais polémicos entre especialistas e também entre o público em geral. Uma parte dos estudos (Brynjolfsson e McAfee, 2014; Ford, 2015) aponta para a eliminação maciça do emprego. Estimativas preveem que dentro de uma ou duas décadas quase metade (47%) do emprego nos EUA corre alto risco de eliminação devido à automação (Frey e Osborne, 2013). Um estudo, seguindo a mesma metodologia, indica que em média 54% dos empregos na Europa correm risco de serem eliminados e em Portugal ainda mais (58,9%) (Bowles, 2014). Porém, segundo outros estudos a automação não leva à eliminação maciça do emprego, mas implica a alteração do conteúdo do trabalho através de novas tarefas mais qualificadas (Arnzt et al, 2016). Dessa análise decorrem estimativas de diminuição de emprego significativamente menores que as indicadas nos estudos acima mencionados.

O efeito das tecnologias avançadas sobre a evolução da estrutura das qualificações também constitui objeto de controvérsia entre os investigadores. A maior parte dos estudos aponta a polarização como tendência comum às economias avançadas, ou seja, o aumento simultâneo da proporção dos empregos com elevada qualificação e de empregos pouco ou não qualificados em detrimento dos empregos de nível médio de qualificação (Goos et al. 2009). Porém, outros rejeitam a tese da polarização como tendência universal nas economias avançadas e evidenciam a diversidade dos padrões de mudança da estrutura de emprego (*upgrading*, polarização e *downgrading*) de acordo com a diversidade dos fatores institucionais, regulação e políticas de emprego, sistema de relações laborais, negociação coletiva, entre outros (Macías, 2012; Oesch, 2012; Eurofound, 2015a).

Autor (economista do MIT e fundador da abordagem *routine-biased technological change*) fundamentou os estudos sobre a polarização do emprego, mas rejeitou a tese da difusão rápida e acelerada da robótica e da inteligência artificial (Autor, 2015). Quanto ao futuro, aponta como nova tendência possível o crescimento de empregos de nível médio associados às novas tecnologias nos quais se combina tarefas técnicas de rotina com um conjunto de tarefas não rotineiras nas quais os trabalhadores possuem vantagem comparativa: interação interpessoal, flexibilidade, adaptabilidade e resolução de problemas.

Arnzt et al. (2016) chama a atenção para a necessidade de adotar uma perspetiva centrada no conteúdo do trabalho, nas tarefas individuais e não nas profissões, uma vez que há uma grande heterogeneidade de tarefas dentro das mesmas profissões. Não são estas que serão substituídas por máquinas, mas sim certas tarefas. Nem todas vão ser automatizadas. Embora haja declínio nos empregos com tarefas predominantemente rotineiras, a principal mudança refere-se à alteração da composição das tarefas nas diferentes profissões. O conteúdo de trabalho nas mesmas profissões apresenta diferenças entre países e também entre empresas, de acordo com a estrutura económica, investimento em novas tecnologias, nível de qualificação dos trabalhadores e tipo de organização do trabalho nas empresas. Além disso, surgirão novos empregos que requerem novas qualificações.

2.2 - Estratégias a nível internacional

As questões do trabalho, do emprego e da qualificação ligadas à robotização têm vindo a ser, até ao passado recente, predominantemente abordadas em contexto de instrumentos estratégicos de âmbito sectorial ou mais global, tendo em conta os desafios colocados pelo envelhecimento da população, pelo desenvolvimento industrial e tecnológico, pela polarização do mercado de trabalho, pela escassez de mão-de-obra qualificada para o digital e pela necessidade de qualificação (sobretudo formal e ao longo da vida).

Por outro lado, no que respeita à robótica e à inteligência artificial, as grandes preocupações também se encontram consideradas quer em agendas estratégicas próprias, quer em políticas públicas de âmbito mais lato, nomeadamente tratando as temáticas do desenvolvimento da Sociedade da Informação e do Conhecimento e/ou da Sociedade e Economia Digital (por exemplo, em Agendas Digitais e roteiros para a modernização produtiva e industrialização).

De uma forma geral, os países com maior potencial tecnológico na robótica e na inteligência artificial têm revelado uma maior valorização do papel das estratégias, planos ou roteiros nacionais nestas áreas, reconhecendo a importância do desenvolvimento científico e tecnológico e da inovação. Questões como a normalização e regulação (normas e padrões), a adequação do contexto institucional e legislativo, a promoção da qualificação e requalificação da mão-de-obra; a reforma e flexibilização dos mercados de trabalho e dos sistemas de apoio social e a massificação e aceitação/integração social e económica dos robots constituem igualmente aspetos sensíveis de importância reconhecida.

No entanto, até muito recentemente, quer no plano internacional quer nacional, não se conheciam ainda muitas Estratégias de I&I dedicadas neste *interface* [entre a robótica, a IA e o trabalho e a qualificação do emprego], que (i) convocassem a comunidade de investigadores e os agentes da

inovação em torno de questões fundamentais; (ii) que definissem prioridades para as atividades de investigação e inovação, por forma a anteciparem novos fenómenos e soluções, e reclamando abordagens necessariamente inter e multidisciplinares. Esta escassez é reveladora do carácter emergente desta questão, não obstante a premência dos fenómenos da transição e a crescente preocupação dos decisores públicos e a comunidade científica a nível mundial.

Salientam-se, por exemplo, a Estratégia de IA dos EUA, no âmbito da qual foram investidos cerca de 970 M € em investigação em 2016, bem como a **National Robotics Initiative 2.0: Ubiquitous Collaborative Robots (NRI-2.0)**, de janeiro de 2019, sendo o foco desta Agenda a “ubiquidade”, ou a contínua integração de robôs na assistência aos humanos na vida quotidiana. Este Programa tem por objetivo impulsionar a escalabilidade, a personalização, a quebra de barreiras à entrada e os impactos sociais provenientes da contínua robotização.

Em termos internacionais também se destaca o *'Next Generation Artificial Intelligence Development Plan'*, através do qual a China aspira à liderança em 2030, encontrando-se a fazer investimentos massivos. Outros países como o Japão e o Canadá adotaram igualmente estratégias de IA. Salienta-se um documento estratégico do Canadá, o **Programa FIRST - o Caminho para 2020, uma Visão Nacional**, assente em três eixos estratégicos: apoio a programas de desenvolvimento, aprendizagem no mundo real e aplicação das competências e da teoria; desenvolvimento e apoio à comunidade; e garantia de sustentabilidade. Por seu lado, as questões relacionadas com a robótica e a IA e com as qualificações são relevantes já no âmbito atual Quadro Financeiro Plurianual e em particular, nos Programa Quadro, quer no PQ7, quer no **Horizon 2020 (H2020)**, traduzindo-se em vários dos seus instrumentos de financiamento e parcerias, definindo metas, estabelecendo envelopes de financiamento, e *consubstanciando um pensamento e uma programação estratégicos nestes domínios* (ver Caixa 1).

Com efeito, no seu conjunto, o FP7 financiou cerca de 130 projetos de robótica baseados na I&D&I, envolvendo cerca de 500 organizações e um total de cerca de 536 milhões de euros. Outros financiamentos relacionados com a robótica ascenderam a mais cerca de 170 milhões de euros, investimento este que veio a produzir uma comunidade de investigação ativa e vibrante na Europa, quer na academia, quer na indústria⁴

O H2020 introduziu um conjunto de instrumentos especializados para impulsionar a inovação próxima do mercado e ao mesmo tempo, estimular o diálogo entre académicos, produtores e utilizadores de tecnologia robótica. Refiram-se, em particular, os mecanismos relativos à contratação pre-competitiva dos sistemas e serviços, demonstrando o potencial da tecnologia da robótica. Os mais dignos de nota são, designadamente, os instrumentos *Pre-Commercial Procurement (PcP)*, e os *Public Procurement of Innovation (PPI)*. Salientam-se igualmente os instrumentos *Pilot Installations*, criados para permitir uma implementação a longo prazo dos sistemas de robôs em ambiente real, envolvendo as PME no programa do H2020 dedicado, focalizando nas ligações entre as PME e o sistema de investigação, desenvolvimento e inovação, e no seu impacto no processo – aspeto crítico para a comunidade da robótica, dada a densidade de PMEs na tecnologia de robótica de ponta.

O H2020 definiu o seguinte conjunto de objetivos estratégicos para a comunidade robótica:

- Fortalecer a posição técnica e científica da Europa;

⁴ Fonte: GPPQ

- Fortalecer a liderança industrial em inovação, o que inclui grande investimento em tecnologias chave, maior acesso a capital e apoio às PMEs
- Abordar desafios societários partilhados pelos europeus, nomeadamente alterações climáticas, transportes sustentáveis, energia sustentável e “*affordable*”, segurança alimentar, segurança e envelhecimento da população.

Entre os instrumentos disponíveis no contexto europeu, e em particular do H2020, salientam-se as Parcerias Público Privadas (PPP) no âmbito da robótica e da IA, envolvendo outros *stakeholders*. As PPP constituem um importante veículo para a implementação da **Estratégia Europeia de Robótica**, consubstanciando elas próprias uma indispensável relação entre a base da ciência e o mercado, numa procura de uma posição de liderança mundial em todos os domínios do mercado da robótica, quer no âmbito da indústria, quer dos serviços.

A PPP SPARC – Robotics Public Private Partnership, estabelecida entre a Comissão Europeia e a Comunidade da Robótica, representada pela euroRobotics, propôs-se rever a *sua Strategic Research Agenda*, definida desde 2009, refletindo a deslocação do H2020 para instrumentos mais próximos do mercado. Este documento, em conjunto com o Roteiro Plurianual (**Multi Annual RoadMap –MAP**), representa uma visão conjunta sobre a direção que a robótica deverá seguir na próxima década. Estabelece que o investimento se deva focar em tecnologias chave, como as mecatrónicas, as interações homens-robô, o desenvolvimento de sistemas e “*cognição*”. A Europa deverá desenvolver uma crescente comunidade baseada na inovação, na qual as PME e as empresas globais contribuam para a inovação, produzindo tecnologia robótica para ser vendida em larga escala.

A estratégia reconhece que deverá ser estabelecido um caminho, no qual se observe o necessário desenvolvimento infraestrutural, suportando a inovação e criando as condições para o crescimento do setor e da atividade colaborativa. **A robótica tem um papel importante a desempenhar na criação de empregos e na estimulação da economia europeia.** Na medida em que baixar os custos de produção e aumentar a eficiência da indústria transformadora, a produção de bens e serviços na Europa pode tornar-se mais competitiva e rentável, podendo ainda estender-se o impacto desta tecnologia a **áreas chave como a saúde e as alterações demográficas, a segurança alimentar e a agricultura sustentável, sistemas de transportes inteligentes e sociedades seguras.** A Europa deverá assim captar este novo mercado, desenvolvendo tecnologia progressiva, de vanguarda, explorando mercados emergentes de robótica, desenvolver e adotar tecnologias robóticas disruptivas e sistemas que redefinam o valor económico da sua aplicação e promover *awareness* na sociedade sobre o potencial dos sistemas robóticos. **Os objetivos da SPARC** são assim: desenvolver objetivos estratégicos para a robótica europeia e promover a sua implementação; melhorar a competitividade industrial da Europa através das tecnologias inovadoras em robótica; posicionar os produtos e serviços robóticos como *key enablers* para a solução dos desafios societários da Europa.

A Agenda de Investigação Estratégica (Strategic Research Agenda, SRA) em Robótica consubstancia o pensamento da comunidade europeia de robótica, e procura definir objetivos e uma visão coordenada da paisagem da robótica, procurando designadamente promover os objetivos da Comunidade Robótica Europeia como um todo; **indicar oportunidades para a investigação e inovação**; identificar o atual estado da tecnologia e futuras necessidades; e apresentar a comunidade europeia de robótica a novos *stakeholders*. Espera-se **impactos positivos desta Agenda na competitividade e no crescimento dos domínios implementando tecnologia robótica**, bem como na competitividade e crescimento da

indústria robótica, a **criação de novos empregos e o aumento da proteção do trabalho**, a descoberta de soluções para os desafios sociais e o aumento de excelência técnica e da base de competências.

O **documento RoadMap Plurianual (Multi Annual RoadMap – MAR 2020)** é um documento de pendor mais técnico, orientador dos concursos no âmbito de Programas do H2020 relacionados com a Robótica. Este documento identifica tecnologias chave a priorizar na Europa, bem como mercado e áreas de aplicação críticas para a competitividade, sublinhando a importância da inovação e o alinhamento com as prioridades sociais. Contem com grande detalhe a visão e as tecnologias necessárias para alcançar, enquadrando a robótica no contexto da Europa, definindo objetivos para o desenvolvimento tecnológico relevante para o mercado, e demonstrando a relevância deste objetivo em termos das oportunidades futuras do mercado. O documento clusteriza o mercado da robótica nas seguintes categorias: robôs de consumo, robôs civis, robôs comerciais, robôs para a logística e os transportes, robôs militares. Identifica igualmente as cadeias de valor da robótica e o papel da PME na sua capacidade para criar oportunidades de transferência de tecnologia, como um elemento crítico para o crescimento da riqueza ao longo da cadeia de valor.

No âmbito da IA, destaca-se a **Agenda Estratégica de Investigação, Inovação e Implementação (SRIDA, Strategic Research, Innovation and Deployment Agenda)**, desenvolvida no âmbito de outra PPP, envolvendo as associações BDVA e a euRobotics. Esta estratégia encontra-se focada no reforço da investigação orientada para o mercado, para o desenvolvimento e extensão da base de competências europeia e para a implementação da IA. Encontra-se focada igualmente em novos modelos de negócio e em novos parceiros, na necessidade de uma IA segura e confiável e no benefício para as empresas, cidadãos e sector público. Mencionam-se também aspetos como a construção de infraestruturas e de um ecossistema de IA europeus através da criação de *Hubs* para a Inovação Digital, centros de excelência, e plataformas de IA e de informação. Prevê-se alcançar uma liderança europeia forte através da mobilização do ecossistema, ancorada na implementação alargada da IA a todos os setores e regiões europeias – bem como procurando desenvolver uma posição global relativa à IA, alinhando os valores fundamentais europeus com as necessidades da indústria e dos cidadãos, produzindo tecnologia, produtos e serviços, bem como a excelência da investigação e da inovação.

Uma das atividades *core* da **AI PPP** será a de criar conectividade em todo o ecossistema de IA, resultando em maiores níveis de colaboração entre a academia e a indústria, baseadas na excelência da investigação e na relevância para a indústria. É assim um objetivo da IA PPP criar um ecossistema de IA diversificado na Europa, bem como a construção de um forte *"pipeline"* de competências, investigação de excelência e efetiva regulação e *standards*.

Entre os documentos Europeus que vieram a ser disponibilizados nesta área, salientam-se ainda:

- **Digital Single Market** strategy;
- **Updated Directive on public sector information**, e.g. traffic, meteorological, economic and financial data or business registers;
- **Guidance on sharing private sector data in the economy** (including industrial data);
- **Updated Recommendation on access to and preservation of scientific information**;
- **New Skills Agenda for Europe** (2016, the EC launched a comprehensive plan to help equip people with the right skills for the evolving labour market;

- **Digital Education Action Plan** e "**Digital Opportunity Traineeships**"⁴⁵, supporting internships aimed at acquiring advanced digital skills, and a number of actions of the Digital Skills and Jobs Coalition⁴⁶ aim at spreading coding skills and increasing the number of experts in digital;
- The **General Data Protection Regulation** ensures a high standard of personal data protection;
- **European approach to artificial intelligence** (European Economic and Social Committee; opinion on AI) (INT/806-EESC-2016-05369-00-00-AC-TRA);
- **Coordinated plan on AI, involving the CE and the Member State.**

Vários estados europeus manifestaram recentemente, no plano político, as suas preocupações com a necessidade de regular o desenvolvimento da Inteligência Artificial e de desenvolver padrões éticos globais. As questões levantadas por sistemas que podem tomar decisões semi-autónomas baseados na análise do ambiente em que se inserem e em informação em larga escala, bem como a responsabilização por decisões erradas, colocaram-se desde logo no plano ético, tornando urgente a sua regulamentação. Na sequência da apresentação de um *Strategic Paper* sobre a Inteligência Artificial pela CE, foi criada a *IA Strategic Alliance*, encarregada de apresentar orientações nesta matéria até ao final do ano de 2018 (*Charter on AI Ethics*).

Salienta-se ainda o documento apresentado em Março de 2019 pelo *European Group on Ethics in Science and New Technologies*, criado pela Comissão Europeia, no qual são referenciados os recentes desenvolvimentos da tecnologia, nomeadamente - a inteligência artificial (IA), na forma de *machine learning* (especialmente *deep learning*), alimentada por *big data* as mecatrónicas avançadas (uma combinação de IA e *deep learning*, *data science*, tecnologias de sensores, internet das coisas, engenharia mecânica e elétrica), produzindo uma enorme gama de sistemas de robótica e sistemas *high tech*, crescentemente sofisticados, sistemas inteligentes com elevados graus de autonomia, desenvolvendo tarefas independentemente dos operadores humanos, impulsionando níveis mais elevados de automação e autonomia em robótica, e crescente interação entre humanos e máquinas.

Naquele documento, são abordados um conjunto de problemas de natureza moral ou ética – relativos à segurança e proteção, prevenção e mitigação dos riscos; à responsabilidade moral humana e a nível de sistemas socio-técnicos complexos com componentes de IA e robótica avançadas; à responsabilidade partilhada e zonas cinzentas; à governança, regulação, desenho, desenvolvimento, inspeção, monitorização, teste e certificação; e a questões de transparência da IA e dos Sistemas autónomos.

Culminando este processo, em abril de 2018, foi adotada a recente Estratégia Europeia "*Artificial Intelligence for Europe*", envolvendo todos os EM nos objetivos de **aumento da capacidade tecnológica e industrial e da captação da IA transversalmente por toda a economia**, reconhecendo explicitamente a **necessidade de investimentos na investigação e na inovação**, e o maior acesso a informação. Esta estratégia prevê também a **preparação para alterações socio-económicas trazidas pela IA, encorajando a modernização dos sistemas de educação e formação profissional, estimulando o talento e antecipando desafios apoiando transições no mercado de trabalho**, e adaptações dos sistemas de proteção social – encontrando-se, portanto, no cerne desta agenda temática. A estratégia aborda ainda a necessidade de garantir um enquadramento ético e legal adequado, baseado nos valores da União Europeia, e em linha com a Carta Fundamental de Direitos da UE.

Na sequência da Estratégia, foi criado um Plano de Coordenação para a IA (em finais de 2018), subscrito por todos os EM e pela Noruega, relativo ao biénio 2019-2020, no âmbito do qual **todos os EM foram encorajados a desenvolver as suas Estratégias Nacionais em IA até meados de 2019**, com base no trabalho desenvolvido a nível europeu. No contexto deste Plano, prevê-se o aumento de investimento em investigação e inovação, já no período 2018-2020 no âmbito do H2020 (1,5 mil milhões de euros, mais 70% face ao período 2014-2017), e no âmbito do próximo período de programação, Horizon Europe (HE), traduzido num objetivo de investimento de mil milhões de euros por ano em IA, provenientes do HE e do Programa Europa Digital. Neste Plano é reconhecido, em particular, que o reforço das tecnologias de IA e da difusão de banda larga permitirão potenciar as capacidades de investigação nacional dos vários países e a massa crítica através de um mais intensivo *networking* dos centros europeus de investigação de excelência.

Para além da alavancagem de importantes montantes de investimento a nível europeu, nomeadamente através de parcerias, constituem linhas de força deste Plano de Coordenação a dinamização de centros de investigação de excelência conjuntos em toda a Europa focalizados na IA, no apoio ao desenvolvimento de tecnologias de IA quer ao nível da investigação básica quer industrial, no apoio a inovação disruptiva, pilotada através do *European Innovation Council* (EIC), no apoio à investigação fundamental nesta área através do *European Research Council* (ERC), e das bolsas Marie-Curie. Prevê-se ainda a criação de uma plataforma facilitadora do acesso à IA pelas pequenas empresas e utilizadores potenciais, a disponibilização e acesso a informação (data-sets) de elevada qualidade, bem como a constituição de Hubs para a inovação digital focalizados na IA. Outras linhas prendem-se com o apoio à criação de infraestruturas para testagem e experimentação de produtos e serviços de IA, em áreas como as da saúde, transporte, infraestruturas, *agrifood* e agilização da produção. Salienta-se o objetivo de atração de investimento privado e de capital de risco através de programa VentureEU para estimular o investimento em *start ups* inovadoras e redimensionar/reescalonar empresas, digitalizando a indústria. Adicionalmente a Comissão Europeia pretende ainda apoiar a adoção da IA pelas organizações em todos os setores, nomeadamente o público, através do co-investimento dos EMs bem como a exploração de contratação conjunta para a utilização e desenvolvimento da IA, o apoio a tecnologias e infraestruturas eficientes do ponto de vista energético, tornando a cadeia de valor da IA mais verde.

A disponibilização de mais informação constitui igualmente um objetivo no âmbito do próximo período de programação – a IA necessita e alimenta-se de um vasto conjunto de informação – nomeadamente o *machine learning*, para a identificação de padrões. Independentemente dos esforços nos últimos 15 anos para abrir a informação sobre os resultados da investigação do setor público ou de financiamento público, para a sua reutilização. Nesse sentido estão previstos novos apoios para a criação de um centro de partilha de informação.

No que respeita às políticas de mercado de trabalho e educação, a Comissão Europeia pretendeu envolver os EMs - já em 2018, e com o apoio financeiro do Fundo Social Europeu - no estabelecimento de esquemas de formação dedicados, reunindo empresas, sindicatos, instituições de ensino superior e autoridades públicas numa cooperação sectorial sobre habilitações e competências, definindo perfis profissionais em risco de automatização. Procurou igualmente envolver especialistas para antecipar as alterações do mercado de trabalho e desadequações de qualificações e de competências no contexto da Europa, para suporte aos decisores públicos a nível europeu, nacional e local. Neste âmbito é pretensão da CE: i) publicar um relatório prospetivo sobre o impacto da IA sobre a educação; ii) lançar iniciativas piloto para prever quais as exigências de formação compatíveis com os perfis de competência futuros;

iii) publicar um relatório de peritos sobre os impactos da IA sobre o mercado de trabalho, contendo recomendações. Nesta área, prevê-se ainda o apoio à *Digital Opportunity Trainsheep (2018-2020)* em competências digitais avançadas para estudantes e recém-licenciados. Pretende-se encorajar, através da *Digital Skills and Jobs Coalition*, parcerias entre as empresas e o setor da educação, para atrair e reter mais talento em IA e reforçar uma colaboração contínua, bem como convidar os parceiros sociais a incluir a IA e os seus impactos na economia e no emprego, integrando a importância da diversidade e do equilíbrio de género em empregos de IA, nos seus programas de trabalho conjuntos a nível sectorial e trans-setorial. Ainda no quadro das competências, o Instituto Europeu de Inovação e Tecnologia pretende integrar a IA em todos os currículos dos cursos educativos que apoia, com vista à criação de um *pool* de talento em IA na Europa. No âmbito do próximo quadro Financeiro Plurianual (2021-2027), está previsto o **reforço do apoio à aquisição de competências digitais avançadas**, incluindo expertise específica em IA. A CE ainda pretende alargar o âmbito do atual Fundo Europeu de Ajustamento à Globalização, procurado ultrapassar as redundâncias causadas pela deslocalização, e incluir as resultantes da digitalização e da automação. Aspectos como a interdisciplinaridade surgem como muito relevantes na própria formação, sendo encorajadas a graduação em áreas conjuntas, (como por exemplo, em direito, psicologia e IA) – e como a ética no desenvolvimento e uso das novas tecnologias, igualmente considerada muito importante e a ser incluída nos programas dos cursos formativos

Caixa 2 - Plano de Coordenação para o desenvolvimento e o uso da IA

Plano de Coordenação para o desenvolvimento e o uso da IA efetuado na Europa em 2018

Ações propostas com indicações orçamentais

- **Maximização do investimento através de parcerias:** 45M € do **H2020** (orçamento de 2020); 55 M € do Fundo Europeu para o Investimento Estratégico e Fundo Europeu de Investimento
- **Do laboratório ao mercado:**
 - i) **Construção de investigação de excelência:** centros de investigação em IA excelentes, 30 M€ **do H2020** (orçamento de 2020);
 - ii) **Infraestruturas de referência mundial para ensaios e testagem:** corredores 5G transfronteiros para ensaios e testagem (adicionais aos já financiados em 2018): 3M € **do H2020 (Orçamento de 2020)**;
Pilotos de grande escala integrando elementos de IA, em áreas como a energia, os cuidados de saúde, a indústria transformadora, a geo-informação e a agricultura (160 M€ do H2020 (orçamentos de 2019 e 2020));
Lighthouse Initiatives no âmbito da JTI ECSEL, 200 M€ (orçamento de 2019 e 2020)
Contributos dos EMs para as infraestruturas de ensaios e testagem (200 M€, no conjunto dos contributos da CE+ Iniciativas ECSEL + contribuições das PPP, através dos quais os pilotos de grande escala são financiados);
Sites de testagem e experimentação de liderança mundial em produtos e serviços alimentados pela IA: 1,5 B€ (objetivo específico 2.3 da *Digital Europe*; 2,5 B€ estão orientados na sua totalidade para a IA no âmbito da *Digital Europe*;
 - iii) **Aceleração da captação de IA através de Hubs de Inovação Digital (HIDs):** *Hubs* de Inovação Digital (2019-2020) - 100 M€ **do H2020** (orçamentos de 2019 e 2020) e *Hubs* de Inovação Digital (2021-2027) até 900 M€ (proposta de orçamento para a Hubs de Inovação Digital.
- **Talento, qualificações e formação ao longo a vida:** apoio à qualificação avançada (para IA, Computação de elevado desempenho (HPC) e ciber-segurança – 700M€ orientados no âmbito do

Orçamento da Europa Digital

- **Data: um alicerce para a IA – criação de um Espaço Europeu Comum para Data/Informação:**
 - i) **Ferramentas para o acesso e partilha da informação:** até 100M€ do **H2020** e do Programa “*Connecting Europe Facility*” - CEF (orçamentos de 2019 e 2020);
 - ii) **Apoio ao desenvolvimento de soluções baseadas em “*blockchain*” e outras soluções de segurança** para aceder e proteger a integridade da informação: 27 M€ do **H2020** (orçamento de 2020);
 - iii) **Iniciativas de I&I relativas a data sobre saúde:** 35 M€ do **H2020** (orçamento de 2020);
 - iv) **Coleção de recursos de linguagem para línguas menos representadas na web** (10M€ do **CEF**);
 - v) **Plataformas de informação industrial:** 50 M€ do **H2020** (orçamento de 2019);
 - vi) **European Data Space** : cerca de 1B€ (objetivo específico 2.1. *da Digital Europe* - 2,5 B€ são orientados no total para a IA no âmbito da *Digital Europe*).

2.3 - A investigação e inovação em Portugal. Alguns indicadores.

A área temática “Trabalho, Robotização e Qualificação do Emprego” é uma área relativamente emergente, a qual não tem sido considerada nas classificações de referência, nomeadamente na classificação FOS da OCDE e no manual de Frascati, em si própria, como uma área científica. A sua delimitação enquanto área temática foi efetuada com base numa metodologia baseada em palavras-chave constantes dos resumos e dos títulos dos projetos financiados pela FCT, suscetíveis à partida de serem associados a esta área.

Este conjunto de projetos e de palavras-chave foram ao longo do processo objeto de análise crítica por parte dos peritos e da equipa da FCT. Essa análise demonstrou que a grande maioria dos projetos selecionados se referiam de forma dicotómica ou à abordagem do trabalho e das qualificações nas suas múltiplas vertentes, ou à investigação em robótica e inteligência artificial, por vezes aplicada a sectores como a indústria, a saúde, o ensino, entre outros - e não à interface entre estes dois universos, como é o foco desta agenda. Este facto evidencia por si a ausência de massa crítica nesta área temática, e inviabiliza a utilização dos referidos indicadores, construídos com base no universo de bolsas de formação avançada e de projetos financiados no âmbito do tema, determinado da forma atrás descrita.

Não obstante estes indicadores terem sido considerados em outras agendas apenas como uma aproximação (proxy), e como indicativos de grandes números e tendências - podendo incluir projetos cujo foco pertence à área temática e outros em que isto se verifica apenas marginalmente, daí decorrendo uma eventual sobre (e sub) estimação - nesta agenda o elevado enviesamento aconselhou a sua não consideração.

Contexto Internacional:

As tecnologias de informação e comunicação (TIC) constituem o alicerce da economia e da sociedade digitais, desempenhando um papel impulsionador crucial no que diz respeito ao acesso e à conectividade em ambiente digital, traduzido numa multiplicidade de dimensões:

- possibilitando a ligação das empresas (e de outros atores) às cadeias globais de valor geridas digitalmente – fragmentando-as e desfragmentando-as na medida em que potenciam novas entradas e simultaneamente a integração de toda a cadeia - incrementando a competição e a capacidade de *outsourcing* de partes da produção, facilitando o *matching* entre oferta e procura em tempo real, local e globalmente, e alterando os modelos de negócio;
- oferecendo plataformas globais para as transações, possibilitando às empresas escalar rapidamente a sua dimensão e competitividade a nível nacional e global, e reduzindo as barreiras ao empreendedorismo, nomeadamente baixando os custos de transação, aumentando o custo de transparência, minorando as assimetrias de informação;
- suportando, nomeadamente através da Internet, a acumulação de conhecimento e a inovação - pelas empresas e outros atores, como os governos - em áreas em que existem potenciais obstáculos no acesso, como por exemplo, em zonas rurais.

Neste particular, salienta-se que, de acordo com o estudo *OECD Digital Economy Outlook 2017*, em 2016 e no conjunto dos países da OCDE, cerca de 95% das empresas tinham ligações de banda larga (86% em 2010) e 83% da população adulta utilizava a internet (73% diariamente, face a 56% e 30% respetivamente em 2005). Salienta-se ainda a tendência para a adoção de políticas públicas “*going digital*” - 60% dos governos dos países desenvolvem políticas nesse sentido - visando o funcionamento, a partilha de informação e interoperabilidade entre plataformas governamentais.

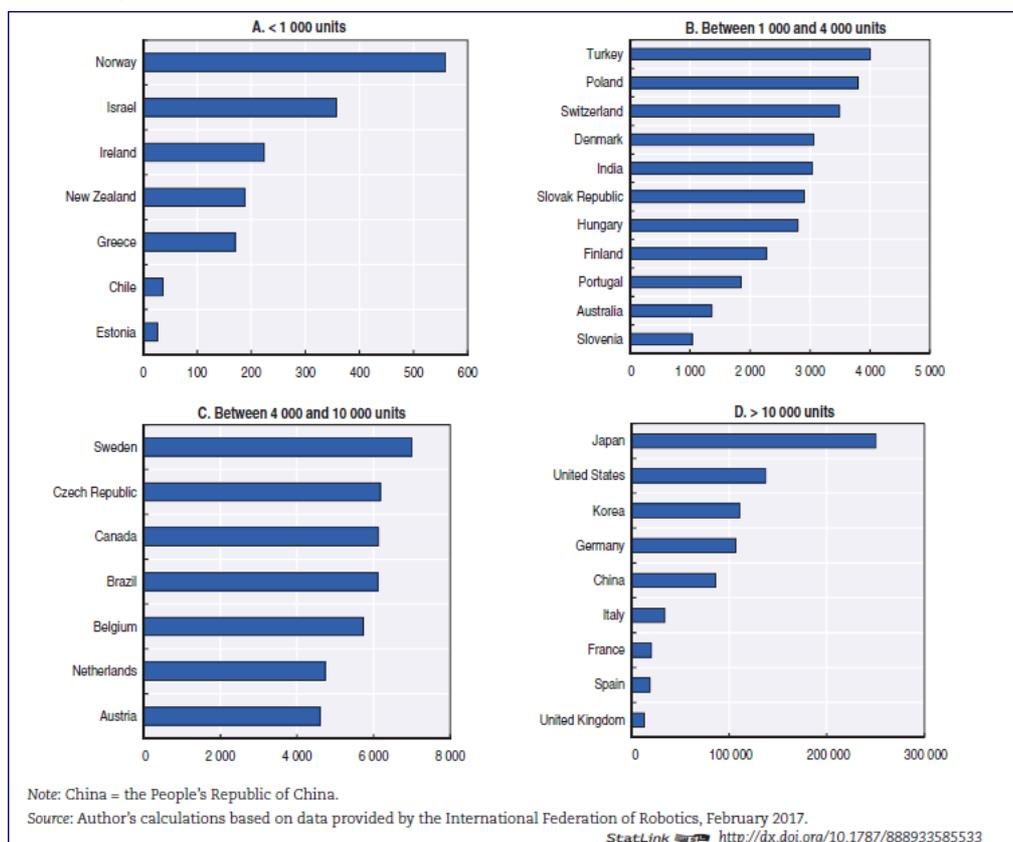
As TIC são as grandes impulsionadoras da inovação, representando a maior parcela da despesa das empresas em I&D (23%) e dos pedidos de patentes (30%) no conjunto dos países da OCDE – sendo as empresas deste sector líderes em todos os tipos de atividades de inovação. O impacto transformador das tecnologias digitais, que se prevê conduzir à maior revolução industrial e da produtividade num futuro próximo, é potenciado pela sua ampla difusão, decorrente do declínio tendencial dos custos e da crescente integração de 3 tecnologias digitais chave - a *Big Data Analytics* (BDA), a *Cloud Computing* e a *IoT*- conduzindo por sua vez a novos tipos de aplicações (como a impressão a 3 dimensões, as máquinas e sistemas autónomos, e a integração homem máquina).

A digitalização da economia tem sido geradora de uma imensa quantidade de informação, sendo as empresas do *sector da informação e comunicação*, em si mesmas, as mais intensivas na utilização da *Big Data Analytics* (BDA) - 1 em cada 4 empresas para o conjunto de países da OCDE, seguindo-se os sectores *da eletricidade, gás, ar condicionado e água* (16%) e a *indústria dos transportes e armazenagem* (14%). A segmentação entre grandes e pequenas empresas na utilização da BDA varia significativamente entre os países: na *Hungria, Lituânia e Portugal*, o número de grandes empresas que usam BDA é o dobro do das pequenas empresas, enquanto que na Dinamarca e na Eslovénia a relação é mais elevada, de 4 vezes.

Em 2014, estima-se que 80% do *stock* mundial de robots industriais (750.000 unidades) se encontrem a operar no conjunto dos países da OCDE, concentrando-se fundamentalmente nas economias avançadas - sendo os países mais robotizados o Japão (250.000 unidades), os EUA, a Coreia e a Alemanha (70% do total de robôs), seguidos pela República Popular da China. Países como a Estónia, a Grécia, a Irlanda, Israel e a Noruega encontram-se no grupo de países com menor número de robôs (abaixo de 1.000 unidades). No contexto europeu, Portugal (abaixo de 2.000 unidades) encontra-se no segundo grupo de países de menor *stock* de robôs (1.000–4.000 unidades), próximo de países com a sua dimensão

populacional, como a Dinamarca (um país *leader innovator*), a Eslovénia (*strong innovator*), e com a Grécia e a Hungria (países *moderate innovators*)⁵.

Figura 1 - Nº total de Robôs industriais em operação no mundo, 2014



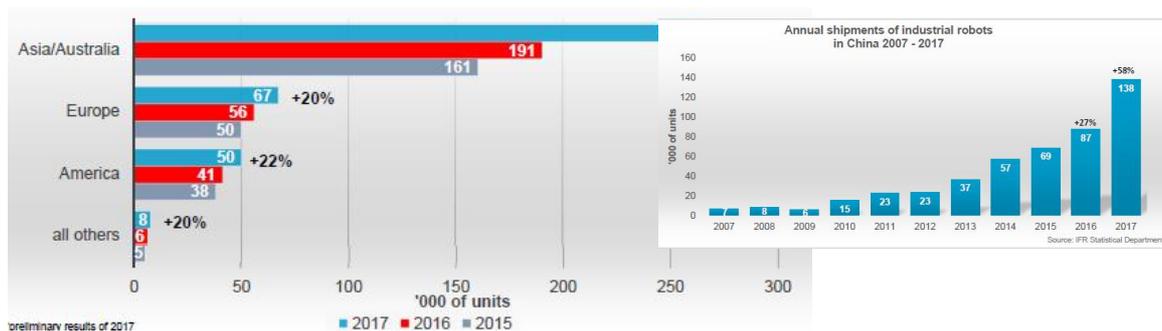
Fonte: OECD
 Digital
 Economy
 Outlook
 2017

São, no entanto, assinaláveis as desvantagens para Portugal quando comparado com outros países igualmente semelhantes em termos populacionais, como a Suécia (*leader innovator*), a Bélgica e a Áustria (*strong innovators*). Assinalam-se ainda os casos de países de menor dimensão que Portugal, como a Finlândia (*innovation leader*), com um melhor rácio de número de computadores per capita.

Estas tendências são confirmadas pelos dados mais recentes do *International Federation of Robotics* (IFR), de acordo com os quais se observou um forte dinamismo no crescimento anual na oferta de robôs em todas as regiões do mundo em 2017 face a 2016, com especial destaque para a Ásia/Austrália (262.000 unidades, + 37%), para a Europa (67.000 unidades, +20%) e para a América (50.000 unidades, 22%).

⁵De acordo com o European Innovation Scoreboard,

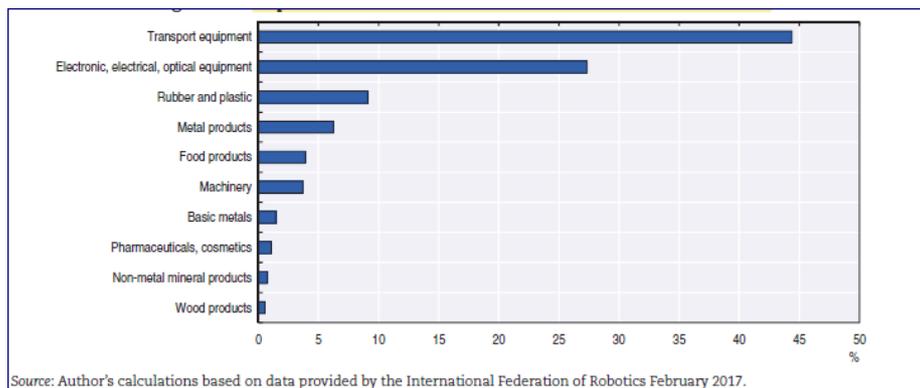
Figura 2 - Crescimento anual da oferta de robots a nível mundial – em 2017



Fonte: International Federation of Robotics, IFR

De acordo com a OCDE, a distribuição de robôs por sectores industriais apresenta também, por seu lado, um padrão muito concentrado em sectores com maior propensão para a automação – nas quais se observa um elevado volume de produção e produtos relativamente *standardizados*, mesmo quando a criação de cada modelo exige um elevado conteúdo tecnológico, de investimento em I&D e de trabalho altamente qualificado. É o caso do sector dos transportes e equipamento de transporte (45% do total do stock de robôs em 2014), e do sector dos equipamentos eletrónicos, elétrico e ótico (30%). Os sectores da borracha e dos plásticos e os produtos de metal representam 5% e 10% do *stock* mundial de robôs.

Figura 3 - 10 indústrias top – peso dos robots industriais em utilização



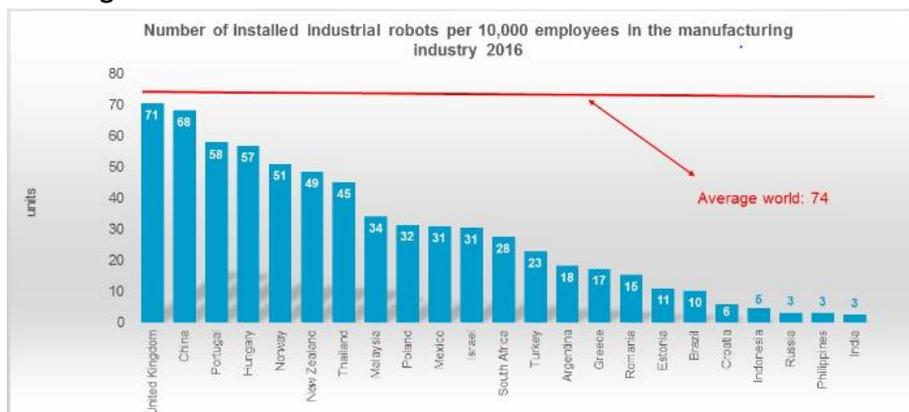
Source: Author's calculations based on data provided by the International Federation of Robotics February 2017.

Fonte: OECD Digital Economy Outlook 2017

Demonstrando a forte dinâmica da Ásia, a China destaca-se pelo forte crescimento das exportações de robôs (de 27 e 58%, em 2016 e 2017 respetivamente). Como referido, constituem os principais motores da utilização de robôs a indústria automóvel (21%, em 2017, atingindo as 125000 unidades anuais) e a eletrónica (27%, 116 000 unidades).

A intensidade robótica na indústria transformadora (número de robots/10 000 empregados no sector) situa-se, em termos mundiais, em 2016, em 74 unidades (66 unidades, em 2015). Encontram-se acima deste limiar os EUA (189 unidades em 2016) e o Canadá (145 unidades), na América do Norte; na Europa, é em países como a Alemanha (309), a França (132), a Suécia (223), a Dinamarca (211), a Itália (185) e a Espanha (160 unidades) – bem como os países dos Balcãs, como a Eslovénia, a Eslováquia e a República Checa (entre 137 e 101 unidades) - que se observa a maior intensidade robótica.

Figura 4 - Intensidade robótica* na indústria transformadora em 2016

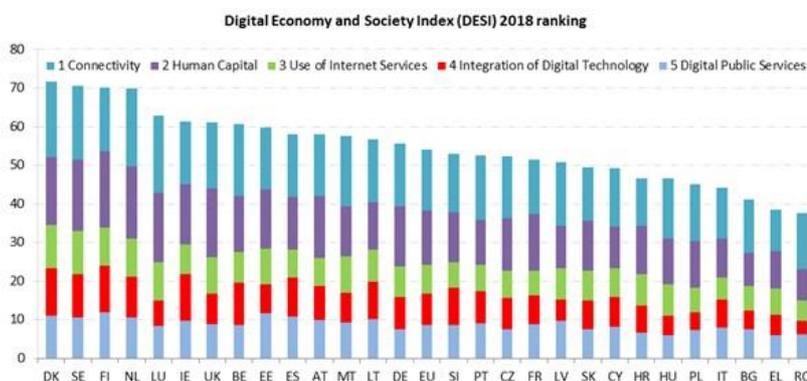


Nota: Intensidade robótica: número de robôs industriais por 10000 empregados
 Fonte: International Federation of Robotics, IFR

Portugal encontra-se ainda abaixo da média mundial (58 face a 74 unidades), próximo de países como o Reino Unido e a China (71 e 68 unidades respetivamente).

Não obstante, a análise do *Digital Economy and Society Index (DESI)*, um indicador sintético para o conjunto dos países europeus, que procura graduar de forma compósita o desenvolvimento da economia digital nos seus múltiplos aspetos, relativos nomeadamente à conectividade, competências digitais e serviços públicos digitais - revela um posicionamento de Portugal muito próximo da média Europeia, a par da Eslovénia, e apenas ligeiramente abaixo de países como a Espanha, a Áustria ou a Alemanha.

Figura 5 - DESI



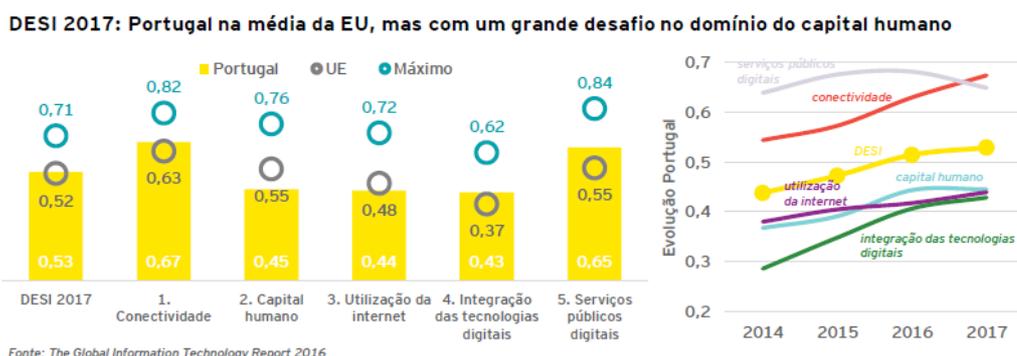
Fonte: DESI

Em 2017, todos os EM melhoraram o seu posicionamento no DESI, observando-se o maior progresso na Irlanda e em Espanha (5 pontos aproximadamente, face a 3,2 para EU), tendo-se, por outro lado, observado apenas um pequeno aumento no caso da Dinamarca (uma das economias digitais mais avançadas) e de Portugal (abaixo de 2 pontos).

Em termos da dimensão **de capital humano**, a Finlândia, a Noruega e a Suécia obtiveram os mais elevados valores no índice, e a Roménia, a Bulgária, a Grécia e a Itália os mais baixos. 81% dos Europeus usam a internet regularmente (pelo menos uma vez por semana).

Em 2017, Portugal encontra-se genericamente muito próximo da posição da UE em quase todas as dimensões do índice, apresentando vantagem em termos da conectividade (liderança na cobertura de banda larga fixa, PT: 99,8%; EU: 98% e na cobertura de acesso de nova geração, PT:95%; EU: 84%), em termos da integração da tecnologia digital (em particular a partilha da informação eletrónica, PT:44%; EU: 36%) e na implementação dos serviços públicos digitais (encontrando-se entre os países com melhor desempenho). O maior desafio coloca-se, como referido, na capacitação **para o digital** (abaixo da média PT:0,48%; EU: 0,72%), nomeadamente em termos de especialistas em TIC e graduados em ciências, tecnologia, engenharia e matemática (STEM) (Referencia ao INCode, adiante).

Figura 6 – DESI por componente

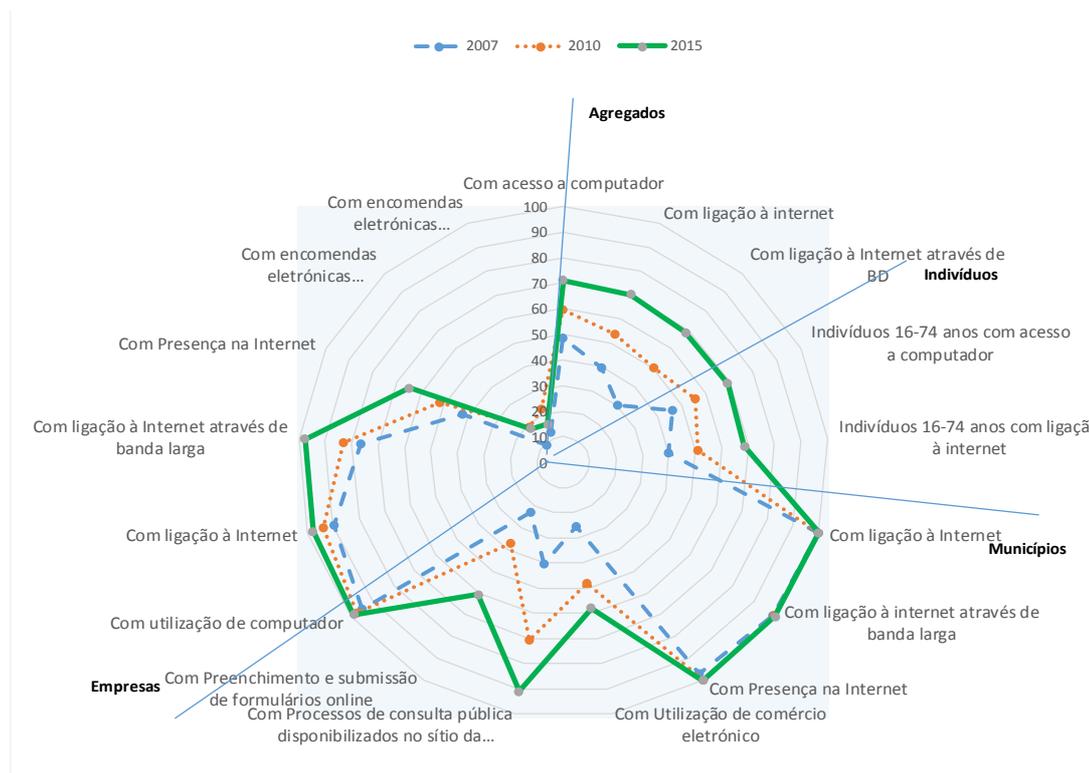


A ténue evolução positiva no período entre 2016 e 2017, observada em quase todas as componentes do DESI, tem implícito o desempenho do capital humano e dos serviços públicos digitais (nomeadamente nas categorias pré-preenchimento de formulários *online* e open data), os quais tenderam a divergir da média da EU, no período.

O caso português

Em Portugal, tem-se observado uma evolução muito favorável na utilização das TIC: cerca de 70% dos agregados familiares e dos indivíduos entre os 16 e os 74 anos dispõem de ligação à internet (com acesso a banda larga) (entre 30 e 50% em 2007). No que se refere aos municípios, os níveis de ligação à internet (através de banda larga) e presença na internet têm vindo a aproximar-se dos 100% desde 2000, tendo-se observado um forte progresso na utilização de e-comércio e da internet com processos de consulta pública e submissão de formulários online (60-90% em 2016, face a 20-30% em 2007). Semelhante padrão se verifica nas empresas, com uma utilização de computador e ligação à internet (através de banda larga) de 100%, em 2017, sendo a presença na internet ainda próxima dos 65%, não obstante a evolução positiva. As encomendas eletrónicas efetuadas e recebidas situam-se, contudo, ainda em níveis elementares (18 e 16% em 2017).

Figura 7 - Utilização das TIC – agregados familiares, indivíduos, municípios e empresas em Portugal



Fonte: INE, I.P., Inquérito à Utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação pelas Famílias.

Financiamento:

De acordo com os dados da DGEEC - Despesas de I&D por área temática da ENEI – a despesa total de I&D na área temática “Tecnologias de Informação e Comunicação” ascendeu a um montante total de 1,6 milhões de euros no período 2014-2016 (22,2% da despesa total nacional em I&D em termos médios, sendo a área temática com mais elevados valores de despesa), tendo apresentado um crescimento médio de 5,2% (face a 3,4% da despesa total nacional, no mesmo período). Por sectores de execução, a despesa total em I&D em TIC foi efetuada em 79% por empresas (19% pelo Ensino Superior), em 2016. Com efeito, as empresas vêm orientando uma parcela crescente e significativa da sua despesa em I&D para as tecnologias da informação e da comunicação (37%), sendo a despesa em I&D nos restantes sectores de execução mais dispersa e menos orientada (equivalendo a cerca de 8% em cada um destes sectores).

Do ponto de vista do território, as 2 regiões de mais elevado PIB per capita – AM de Lisboa e a RAM – são as que apresentam uma mais elevada despesa em I&D em TIC na despesa total da região em I&D (29% e 22%, respetivamente), seguidas pelas regiões do Centro e do Norte (18 e 17%). As regiões do Alentejo, do Algarve e a RAA apresentam um padrão ainda incipiente (entre 6 e 9%).

De acordo com o Inquérito do INE à Utilização das Tecnologias da Informação e da Comunicação nas Empresas, de 2018, as empresas em Portugal recorrem de forma ainda não generalizada à utilização de robôs, sendo de destacar aquelas cuja finalidade consiste em sistemas de armazenamento e limpeza e saneamento (18% das empresas associadas a esta finalidade utilizam robôs), em montagem, vigilância, segurança e tarefas inspetivas (entre 9-12 % destas empresas) e de forma particularmente incipiente as

empresas de transportes de pessoas e produtos, trabalhos de construção e reparação e tarefas de arquivo (abaixo de 9% das empresas com estas finalidades).

Figura 8 - Empresas que usam robôs, por finalidade, em %

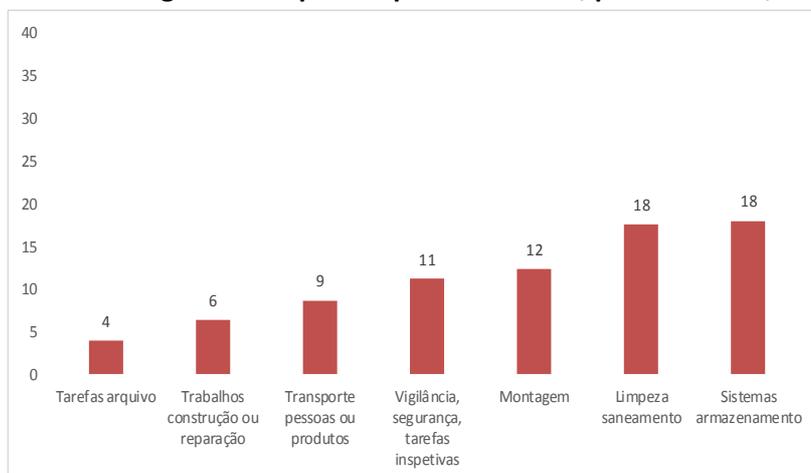
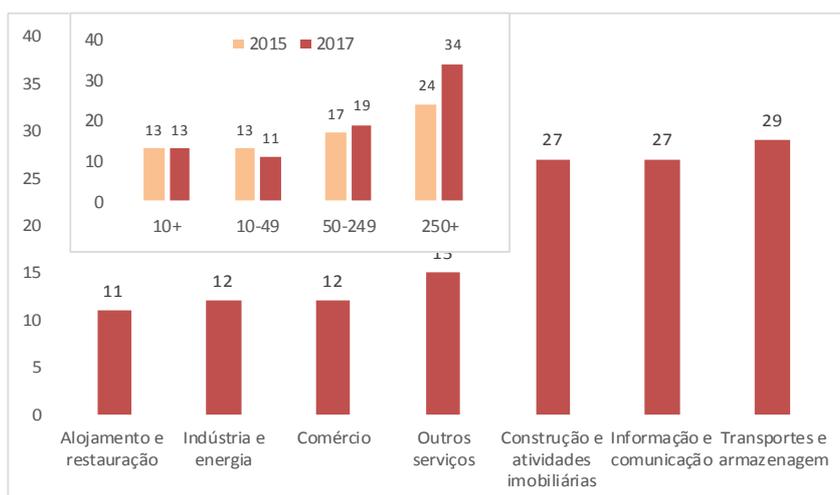


Figura 9 - Empresas que analisaram big data, por dimensão e atividade económica principal, em %



Fonte: INE, I.P. Inquérito à Utilização das Tecnologias da Informação e da Comunicação nas Empresas, de 2018

Por seu lado, e não obstante a evolução positiva entre 2015 e 2017, também em Portugal se verifica serem as grandes empresas que revelam alguma experiência de análise de *Big Data* (cerca de 1/3 em 2017), representando este segmento apenas entre os 11% e os 19% das pequenas e médias empresas. Por sectores, as empresas com maior recurso a análise de *big data* (entre os 27% -29%) situam-se nas atividades económicas dos transportes e armazenagem, da própria informação e comunicação e da construção e atividades imobiliárias. As empresas dos sectores da indústria e energia, do comércio e do alojamento e restauração são ainda pouco orientadas para este tipo de prática em Portugal (11-12%).

Este é um aspeto relevante, sobretudo tendo em conta a capacidade transformativa da automação e a sua importância para acelerar o crescimento da produtividade (de 0,9% para 1,5%), de acordo com o estudo da *MCKinsey&Company* “A Automação e Futuro do Emprego em Portugal”, por forma a garantir a sustentabilidade no longo prazo (2016-2030) do crescimento do PIB observado nos últimos 20 anos (1,1% entre 1996-2020). Como corolário, o mesmo estudo estima em 52% o tempo laboral despendido

em Portugal em tarefas repetitivas e altamente automatizáveis, com mais de 70% de potencial de automação. Os sectores que apresentam maior potencial de automação, dependendo da combinação dos tipos de atividade que os integram - como as ocupações previsíveis e físicas, as imprevisíveis, físicas e de interface e o segmento da expertise mais protegido - são também de acordo com este estudo, a produção fabril, o comércio, a agricultura e pescas, o sector dos transportes e armazenamento e a indústria mineira.

Capital Humano e oferta formativa

Como atrás referido, grandes são os desafios no **domínio do capital humano**, tendo em conta o processo de automação, a consequente deslocação de mão de obra entre sectores/tarefas/tipos de atividade de maior e de menor potencial de automação - e as necessidades de requalificação de mão de obra.

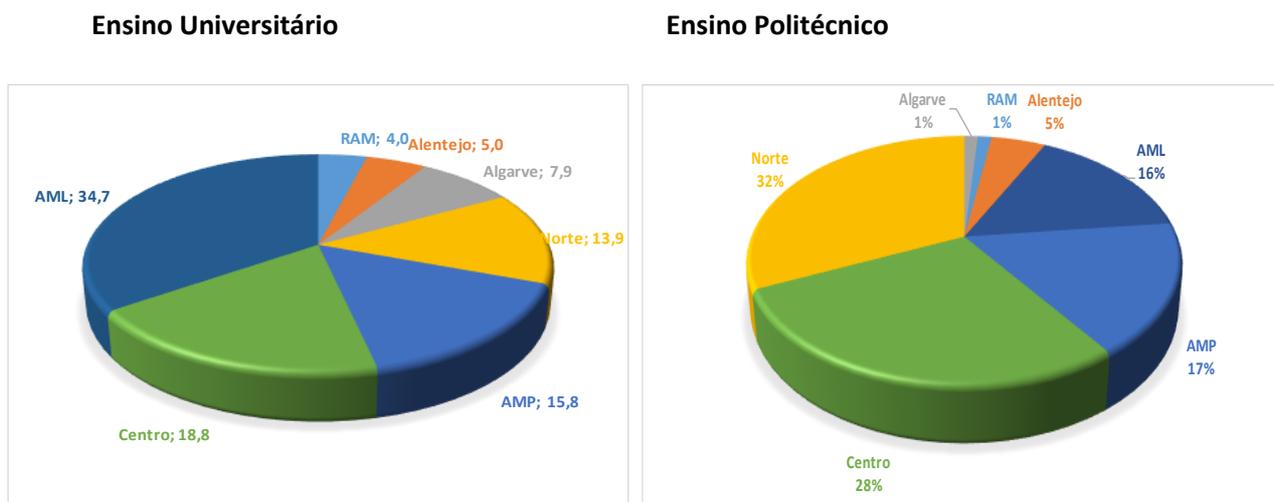
De acordo com as bases de dados da DGEEC – relativas aos cursos do ensino superior, 2018 – a oferta formativa do ensino superior, universitário e politécnico, ascendia, em 2017/18, a um total de 183 cursos universitários vocacionados, dos quais, numa primeira abordagem, 37,7% se encontram sediados em Universidades da Região Norte (com realce para as universidades do Porto e do Minho e para os Institutos Politécnicos do Porto e do Cávado e Ave), em Universidades da área Metropolitana de Lisboa (26,6%, salientando-se a Universidade de Lisboa, a Universidade Nova de Lisboa, o Instituto Universitário de Lisboa e os Institutos Politécnicos de Lisboa e Setúbal), e na Região Centro (23,5%, com destaque para a Universidade de Aveiro e da Beira Interior, e para os Institutos Politécnicos de Leiria, Coimbra e Tomar).

Os restantes 12,6% (18 cursos) da oferta formativa encontram-se repartidos de forma equitativa entre as Universidades do Alentejo e do Algarve (4,9%) e ainda pela Universidade da Madeira. Importa referir, contudo, que os cursos foram identificados através da pesquisa na BD da DGEEC sobre Ensino Superior, com base nas palavras-chave robótica e automação. Esta pesquisa poderá sobrevalorizar a oferta formativa por via da consideração de cursos de automação que não se enquadram no conceito de robótica e de inteligência artificial. E, por outro lado, poderá ser exclusiva de cursos que tenham conteúdos relacionados de forma relevante com a robótica e a inteligência artificial, mas cuja relação não apareça de forma explícita na designação dos cursos, subvalorizando a oferta formativa, por esta via.

A oferta formativa através do ensino politécnico encontra-se mais fortemente concentrada nas instituições das Regiões do Centro e do Norte, seguindo-se-lhes as regiões da Área Metropolitana de Lisboa e do Porto. Esta distribuição reflete a vocação profissionalizante deste tipo de ensino e a capilaridade com o tecido produtivo, e acompanha a estrutura produtiva do país⁶, ainda caracterizada em 2017 por um forte peso das empresas da indústria transformadora (11%) e do comércio por grosso e a retalho (28,8%) no total da economia. Na região do Norte, aqueles dois sectores correspondiam a 54,5% e 39,0% do total das empresas da região, respetivamente - e a 24,7% e 24,1%, na região do Centro.

⁶ de acordo com os Quadros de Pessoal, do MTSS,

Figura 10 – Oferta formativa em robótica e automação



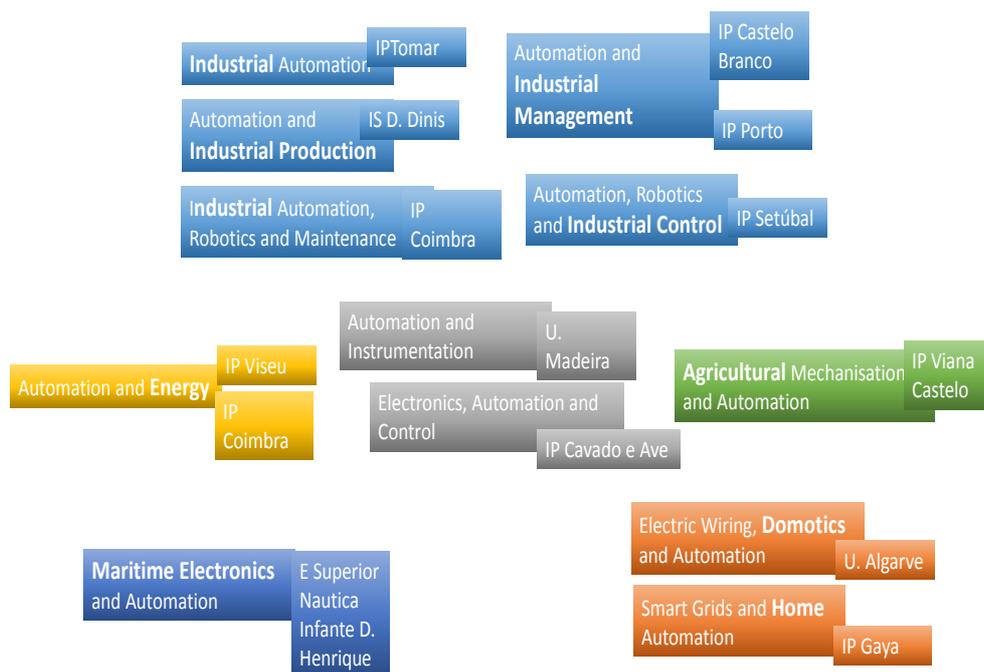
Fonte: DGEEC, base de dados relativa aos cursos do ensino superior, 2018

Entre os cursos do ensino politécnico existentes, salientam-se grandes clusters como a automação industrial, a ciber-segurança, a automação naval, as telecomunicações e redes, a computação e instrumentação médica, a engenharia de computação e instrumentação e metrologia, a eletrónica da automação, a engenharia informática – internet das coisas, a engenharia mecatrónica. No que respeita aos cursos universitários, salientam-se ainda a engenharia computacional, a engenharia da informação e da computação, a engenharia da automação industrial, de computadores e telemática, das redes e dos serviços telemáticos, a engenharia eletrónica e de computadores, a engenharia mecatrónica e energia, a tecnologias geoespaciais, entre outros.

No âmbito da *Iniciativa Study&Research in Portugal*⁷, criada recentemente, em 2019, com o objetivo de intensificar a internacionalização e aumentar a massa crítica nas várias áreas da docência e da investigação, identifica-se a procura por estrangeiros de 12 cursos de ciclo curto no âmbito da robótica e da computação em diversas escolas, nomeadamente nos Institutos Politécnicos de Castelo Branco, de Coimbra, de Setúbal, de Tomar, de Viana do Castelo, de Viseu, do Cávado e Ave, do Porto, no Instituto Superior de D. Dinis e na Escola Náutica Infante D. Henrique – bem como a Universidade do Algarve. Acresce ainda a procura por cursos de licenciatura - no Instituto Superior Politécnico Gaya - e de doutoramento, na Faculdade de Ciências Exatas e da Engenharia da Universidade da Madeira. Estes cursos encontram-se clusterizados nomeadamente em automação industrial, automação energética, automação agrícola e automação marítima.

⁷ Tendo em vista a aposta na internacionalização dos sistemas de ensino superior e de ciência e tecnologia nacionais, e a necessidade de reforçar a capacidade de atração de estudantes, docentes e investigadores estrangeiros para o sistema, foi criada a *Iniciativa Study&Research in Portugal*, sob a coordenação da FCT e com a colaboração de uma multiplicidade de instituições, como a DGES, a DGEEC, Ciência Viva, a ANI, o Visit Portugal.

Figura 11 – Iniciativa Search & Study



Fonte: Search@Study & Research Initiative

Com o objetivo de capacitação da população no domínio digital, foi criado, como adiante referido no capítulo 3, o programa INCoDe.2030⁸, uma agenda que procura mobilizar um vasto conjunto de parceiros públicos e privados e fomentar as competências e as condições de acesso, bem como a formação especializada e a investigação em áreas avançadas. Do conjunto de 5 eixos temáticos em que se encontra estruturado - inclusão, educação, qualificação, especialização e investigação – salientam-se os 3 últimos pela sua pertinência para esta Agenda, uma vez que promovem uma maior qualificação da população ativa – viabilizando uma indústria mais competitiva e uma administração pública mais eficiente – e uma mão de obra especializada com formação superior, que alimentará os centros de investigação e inovação, bem como a disponibilização de soluções avançadas e diferentes áreas.

Potencial para o desenvolvimento do foco temático da Agenda

Como sublinhado ao longo do texto desta Agenda de I&I (nomeadamente no capítulo 4), o tema que constitui o seu foco – nomeadamente no atinente a inter-relações entre desenvolvimentos em domínios como a automação associada à robótica e à inteligência artificial e os seus impactos em termos de emprego e desafios de qualificação - não tem sido objeto de atividades de investigação e de inovação significativas em Portugal. Tal facto pode ser confirmado através de consulta de bases de projetos ou bolsas financiados em diferentes programas de investigação e inovação.

O tema desta Agenda é tipicamente de natureza inter e multidisciplinar, convocando saberes quer em domínios científicos no âmbito das TIC quer conhecimento científico em dimensões de incidência socioeconómica.

⁸ Resolução de Conselho de Ministros 46/2018 de 13 de fevereiro de 2018

Portugal tem reconhecida capacidade científica nas duas grandes áreas fonte de conhecimento científico e tecnológico em jogo, acima indicadas, as quais correspondem a um potencial significativo para alimentar o foco temático desta Agenda de I&I.

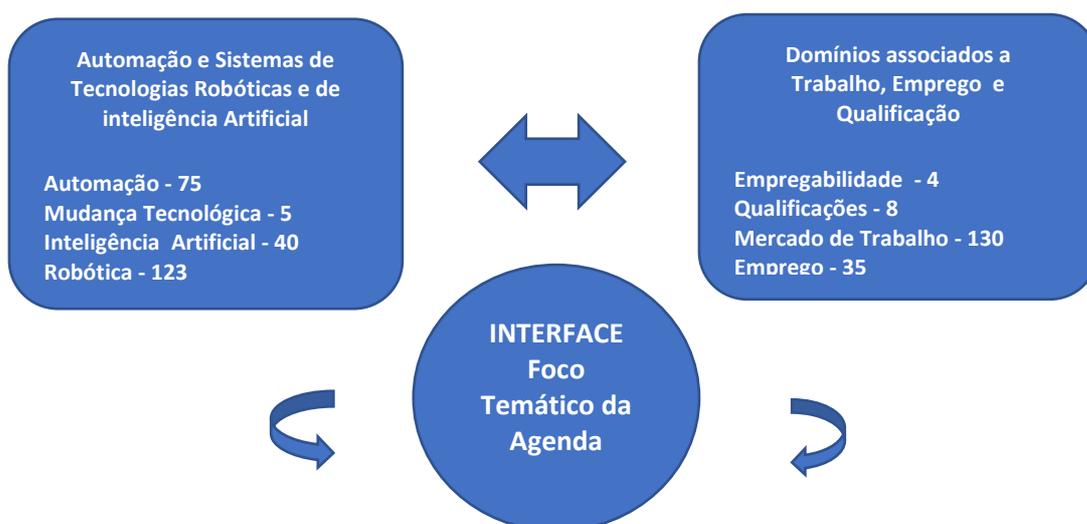
Por um lado, no âmbito dos sistemas e tecnologias robóticas (nas suas diferentes componentes) e da inteligência artificial (incluindo, entre outros, aprendizagem automática e aprendizagem profunda, redes neuronais), aplicados aos mais variados setores de atividade, é manifesto que em Portugal existe uma comunidade científica e tecnológica significativa e dinâmica, com massa crítica em claro crescimento, o que acontece a par de uma maior procura, a nível da atividade económica e da sociedade, dos saberes necessários para dar resposta e otimizar os respetivos desafios.

Por outro lado, no âmbito de dimensões de incidência socioeconómica sobre as quais os sistemas associadas a tecnologias robóticas e de IA podem impactar de forma significativa, colocam-se questões relevantes e complexas que requerem o recurso ao conhecimento científico em domínios como o emprego, a empregabilidade, a qualificação dos recursos humanos necessários nos diferentes contextos setoriais, o mercado de trabalho, o trabalho em si mesmo (condições e perspetivas), o emprego e a empregabilidade entre outros. Trata-se, igualmente, de domínios do saber onde o país tem desenvolvido uma base de conhecimento e atividade de investigação relevantes.

No período 2004-2017, a FCT financiou um total de 243 projetos de investigação no âmbito da Automação e das Tecnologias Robóticas e de Inteligência Artificial e 177 projetos de incidência socioeconómica associados a temáticas de Trabalho, Emprego e Qualificação, os quais se distribuem pelos domínios científicos indicados na figura 12 (alguns projetos poderão abarcar mais do que um domínio).

Figura 12 – Potencial para interação entre investigadores em domínios relevantes para o foco temático desta Agenda de I&I.

Número de projetos financiados pela FCT entre 2004 e 2017 nesses domínios



Fonte: FCT

Naturalmente, o facto de existir um volume significativo de projetos (bem como de entidades) em cada um dos domínios específicos acima indicados constitui, em si mesmo, uma condição necessária e favorável ao desenvolvimento de um esforço acrescido de atividade de investigação que importará implementar – na interface entre os referidos domínios - no foco temático desta Agenda de I&I. Tal desafio implicará esforços de base multi e interdisciplinar, mobilizando competências e saberes em áreas chave para o estudo das questões multidimensionais em questão. Como já mencionado, tal interação e atividade colaborativa não se têm verificado em grau significativo. Espera-se que esta Agenda Temática, a par da crescente centralidade deste assunto no espaço público, contribua para a alteração da situação.

2.4 – Diagnóstico da área em Portugal

Tem existido nos últimos anos um crescente interesse público e investimento privado na área da automatização, da robótica e da inteligência artificial em Portugal. No entanto, o desenvolvimento da inovação na robótica está muito ligado à existência de eco-sistemas de interligação entre investigação em robótica, produção de robots e procura de robots pelo tecido produtivo. Em Portugal este eco-sistema não existe. Por conseguinte, estamos confrontados com um problema que não se encontra ainda resolvido, quer no domínio da produção de conhecimento sobre este domínio da automação, quer no conhecimento das implicações envolvidas, quer em termos de organização do trabalho, do desenvolvimento de competências profissionais adequadas e da análise da evolução do mercado de trabalho.

Como consequência, as iniciativas no domínio da agenda de investigação e inovação consideram apenas as experiências desenvolvidas noutros países.

As inovações tecnológicas em Portugal nesta área são significativas e dizem respeito a rápidas alterações na indústria automóvel, na modernização das funções de logística em muitos setores distintos, e ainda na introdução da robótica nos setores da medicina e cuidados de saúde, da agricultura, da extração mineira, na indústria alimentar, na indústria de plásticos, e no setor da produção em metal. Todavia não se conhecem informações estatísticas sobre este processo, não sendo possível conhecer e antecipar tendências de evolução e de mudança.

A investigação nesta área (trabalho, robótica e emprego) é muito escassa e o investimento público quase inexistente. Com maior relevância encontramos capacidade nas áreas de engenharia robótica e automação com envolvimento em projetos internacionais.

O estudo da Sociedade Portuguesa de Robótica revelou que “A atividade em robótica em Portugal é frequentemente conduzida por requisitos muito particulares e específicos, carecendo por vezes de uma estratégia integrada para este sector, a nível nacional” (SPR, 2011).

Num diagnóstico desta área em Portugal pode referir-se o seguinte (com base em Moniz, 2018):

- a) A investigação científica em robótica é feita sobretudo pelas áreas de engenharia (eletrotécnica, informática e mecânica);

- b) Nos últimos anos a investigação depende principalmente da capacidade de envolvimento da comunidade científica portuguesa em projetos europeus;
- c) Existe ainda uma forte separação entre a comunidade académica e a comunidade empresarial nesta área;
- d) O envolvimento da investigação em ciências sociais no domínio da robótica é ainda residual, ao contrário do que se passa noutros países europeus;
- e) Existem muito poucas publicações em língua portuguesa sobre o desenvolvimento em robótica em Portugal;
- f) Não existe informação estatística atualizada sobre o parque de equipamento robótico em Portugal;
- g) As agências nacionais das áreas de inovação e investimento empresarial não têm procurado informação ou promovido estudos sobre a potencialidade de desenvolvimento da robótica em Portugal;
- h) As associações empresariais e sindicais ainda não promoveram estudos sobre os impactos da robótica na produtividade e no emprego;
- i) Existem poucos centros de investigação do sistema nacional de inovação que considerem esta área no âmbito das suas atividades;
- j) A Autoridade para as Condições de Trabalho não possui informação sobre o grau de importância que esta tecnologia tem em Portugal.

Perante esta situação, a agenda temática de inovação e investigação em “Trabalho, Robótica e Estrutura de Emprego” pode vir a representar um marco significativo na produção de conhecimento, no estabelecimento de redes de cooperação das empresas com as atividades de investigação, e poderá ainda contribuir para o estabelecimento de políticas públicas nesta área.

Capítulo 3 – As Políticas Públicas e a Investigação e Inovação

A intensificação da utilização da robótica e da inteligência artificial nas sociedades modernas e contemporâneas parece ser inexorável e geradora de importantes impactos transformacionais e disruptivos. Por um lado, estes impactos propiciarão o surgimento de novas áreas de atividade económica, revolucionando transversalmente sectores mais tradicionais e sectores de maior intensidade tecnológica, criando novos empregos e novas indústrias e serviços. Por outro, conduzirão a novos perfis de emprego e de empregabilidade, traduzidos em novas necessidades de qualificação de mão-de-obra. Este impacto transformador provocará alterações na estrutura da população ativa, não só pela reorganização das suas competências, mas por esperados aumentos de desemprego, sobretudo pela substituição em segmentos caracterizados pelo trabalho repetitivo e menos qualificado. No entanto, alguns autores defendem que as alterações poderão não se traduzir necessariamente em menores taxas de emprego, as quais poderão tender para um equilíbrio de longo prazo, através de uma compensação entre estes dois fluxos.

O papel da política pública é nesta matéria essencial – muito embora não tenham sido identificados documentos estratégicos nacionais no passado que abordem a questão da robotização e da I.A. na sua *interface* com os impactos sobre o mercado trabalho e as qualificações.

3.1. As Políticas Públicas nos últimos 10 anos

A análise de diversos documentos estratégicos demonstra que, desde meados da década de 90, tem vindo a ser prosseguida uma política consistente e explícita de desenvolvimento da sociedade da informação, estabelecida como prioridade nacional, e consubstanciada em diversas iniciativas, visando a generalização do acesso aos modernos meios de informação e transmissão do conhecimento e o seu funcionamento em rede. Com efeito, neste período parece não haver ainda uma clara preocupação da política pública orientada para o foco da presente agenda - utilização da robótica e da inteligência artificial numa escala com importantes impactos transformacionais no tecido produtivo e na sociedade em geral - encontrando-se ainda concentrada numa zona essencial embora ainda "periférica" no que respeita a esse fenómeno.

Como expressão do caminho percorrido no sentido de uma intensificação da sociedade do conhecimento, e em particular, da disseminação da utilização da internet e das Tecnologias de Informação (TIC), e o seu enraizamento e apropriação social, salienta-se a **Portugal Digital - Iniciativa Internet** e respetivo plano de ação (*Resolução de Conselho de Ministros nº110/2000, de agosto*). Esta iniciativa é concomitante com o Plano de Desenvolvimento Regional de 2000-2006 e o Quadro Comunitário de Apoio III a Portugal, no âmbito do qual é autonomizado um Programa Operacional Sociedade de Informação – iniciativas convergentes com as prioridades estabelecidas pelo Plano de Ação *Europe 2002*, adotado pelo Conselho Europeu. Atingir taxas médias de 50% de penetração da internet na população, 50% das casas portuguesas e todas as escolas ligadas à Internet, todos os professores e estudantes do ensino secundário e superior com computadores individuais, em 2003 - são algumas das metas definidas nesta Iniciativa.

O programa “**Geração Millennium**” (*Portaria nº 1010/2001, de agosto*) assume-se como um instrumento de atuação preventiva dos fenómenos de desemprego e exclusão social, agravados pela falta de conhecimento e acesso às tecnologias da informação e da comunicação, relativamente àqueles que vivem em regiões mais desfavorecidas ou que não têm condições para adquirirem os meios necessários à obtenção daqueles conhecimentos e competências. Este Programa tem com o objetivo de possibilitar a jovens, com idades compreendidas entre os 10 e os 18 anos, a aquisição de competências básicas em tecnologias da informação e comunicação, garantindo o acesso às tecnologias de informação e comunicação a 200 000 jovens portugueses, entre 2001 e 2003, através da respetiva formação e certificação nestas matérias.

O “**Plano Tecnológico da Educação**” (*Resolução do Conselho de Ministros n.º 137/2007*) foi criado com o objetivo de, através da modernização tecnológica, a escola vir a dar um salto qualitativo, abrindo-se a várias áreas do saber - possibilitando melhor aprendizagem e ensino. O plano prevê medidas visando reforçar e atualizar o parque informático na maioria das escolas portuguesas, aumentar a velocidade de ligação à Internet e construir redes de área local estruturadas e eficientes; integrar as TIC plena e transversalmente nos processos de ensino e de aprendizagem, reforçando a infraestrutura informática, e desenvolvendo uma estratégia coerente para a disponibilização de conteúdos educativos digitais e para a oferta de formação e de certificação de competências TIC dos professores; dotar as escolas de um modelo adequado de digitalização de processos que garanta a eficiência da gestão escolar.

Salienta-se ainda o **Plano de Ação para a Sociedade de Informação** (*Resolução do Conselho de Ministros nº 135/2002*), o qual, procurando melhorar o posicionamento de Portugal no contexto nos Planos de Ação *e-Europe 2002* e *eEurope 2005*, prossegue os seguintes grandes objetivos: aumento da eficácia e eficiência do sistema económico, promovendo a competitividade e a produtividade das empresas e do tecido económico e empresarial; aumento das habilitações, competências e conhecimento dos Portugueses, considerados o principal substrato da capacidade de desenvolvimento sustentado do País; modernização, racionalização, responsabilização e revitalização da Administração Pública e do aparelho do Estado; dinamização da sociedade civil, promovendo o bem-estar e a qualidade de vida dos cidadãos

Também a **Iniciativa Nacional para a Banda Larga** (*Resolução de Conselho de Ministros nº109/2003*), veio a definir o novo enquadramento institucional em matéria de sociedade da informação, governo eletrónico e inovação, com o objetivo central de massificar o acesso e a utilização da banda larga em Portugal, contribuindo para o aumento dos níveis de produtividade e de competitividade, por um lado, e para uma maior coesão social, por outro. Esta massificação traduzir-se-ia nomeadamente nas seguintes metas: em 50% dos agregados familiares e 50% das PME nacionais como utilizadores de acessos em banda larga e consumidores dos conteúdos e aplicações interativas; 100% dos organismos públicos da administração pública central estarão ligados em banda larga; e o número de postos públicos com acesso à Internet em banda larga será superior a 16 por cada 100 000 habitantes. Esta iniciativa encontra-se estruturada nos seguintes eixos: infraestruturas e acessos; conteúdos e aplicações multimédia, estímulo à utilização de banda larga, info-inclusão, e competitividade nacional.

Prosseguindo as preocupações com a sociedade do conhecimento ao longo de toda a década, os decisores públicos vieram a criar o sistema de formação e de certificação em competências TIC, tendo ficado estabelecido que este deve estar disponível para todos os docentes em exercício de funções nos estabelecimentos da educação pré-escolar e dos ensinos básico e secundário (*Portaria n.º 224/2010*).

Neste período (entre 2005-2010) foi criado o **Programa Ligar Portugal**, no âmbito do Plano Tecnológico do XVII governo: Mobilizar a Sociedade de informação e do Conhecimento, em cujo programa de ação estava previsto:

- Promover ações específicas para o desenvolvimento de estratégias de desenvolvimento de novos produtos, incluindo conteúdos digitais, promovendo parcerias entre empresas e instituições do sistema científico e tecnológico que facilitem ambientes facilitadores para a criação de novas ideias;
- Estimular novas áreas de conhecimento em colaboração europeia, promovendo redes internacionais de C&T, bem como alargar e facilitar a participação portuguesa nos programas internacionais de iniciativa comunitária.

Salienta-se ainda a **Agenda Portugal Digital** (*Resolução do Conselho de Ministros (112/2012, de dezembro)*), visando um reforço da competitividade e da internacionalização das empresas portuguesas, ancorado num modelo de atividade económica centrado na inovação e na sociedade do conhecimento. Esta agenda estabeleceu como meta colocar Portugal como um dos países mais avançados na economia digital no âmbito da UE27, definindo como objetivos até 2020, o desenvolvimento da infraestrutura de banda larga possibilitando o acesso de todos os cidadãos e de 50% dos agregados familiares à internet de banda larga (de velocidade igual ou superior a 30Mbls e 100 Mbps, respetivamente), o aumento do nº de empresas que utilizam o comércio eletrónico, uma maior utilização dos serviços públicos *online*, o aumento das exportações em TIC, a diminuição do número de pessoas que nunca utilizaram a Internet e a promoção da inovação e do potencial em I&D, nomeadamente através do aumento de financiamento público direto.

Por outro lado, foi fortalecida a cooperação científica e tecnológica com instituições de reconhecido mérito internacional, com o objetivo de alargar a capacidade científica e de formação avançada em Portugal. Nesse sentido foi desenvolvido um conjunto de parcerias para a criação de programas de cooperação científica e tecnológica envolvendo as universidades portuguesas, a FCT e as universidades norte americanas, nomeadamente o MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), a *Universidade de Austin, Texas (UTA)*, e a *Universidade de Carnegie –Mellon (CMU)*.

O **programa com o MIT** foi lançado em outubro de 2006, em quatro áreas temáticas: Engenharia de Sistemas de Energia, de Sistemas de Transporte, Sistemas de Bioengenharia e Engenharia de Conceção e Sistemas Avançados de Produção Industrial. A colaboração envolvia a cooperação científica e tecnológica em áreas específicas, o reforço da capacidade de I&D e de ensino pós-graduado de instituições nacionais num contexto internacional, e o desenvolvimento de uma visão inovadora para a relação da engenharia com a ciência e o desenvolvimento empresarial. Estas atividades envolvem várias escolas de economia e gestão portuguesas, de forma a contribuir para criar as massas críticas necessárias. Este Programa definiu as seguintes áreas de aplicação: sistemas sustentáveis de energia e transportes, células estaminais e engenharia de tecidos para novas terapias de medicina regenerativa e desenvolvimento de produtos e engenharia de conceção, com especial aplicação em sistemas de motorização elétrica.

A área dos sistemas de engenharia considera sistemas complexos, muitas vezes de grande dimensão, que conjugam aspetos técnicos, sociais e humanos, e a interação crescente de aspetos sociais e económicos com a engenharia. São áreas de potencial crescimento do emprego nas próximas décadas,

nomeadamente do emprego qualificado, em que Portugal tem de evoluir e se diferenciar no contexto europeu.

O Programa **UT Austin - Portugal** foi lançado em março de 2006, com o objetivo de fomentar em Portugal a criação de programas académicos e a investigação em tecnologias emergentes, nomeadamente nas disciplinas *digital media*, matemática, computação avançada e nanotecnologia.

O Programa **Carnegie Mellon-Portugal** foi lançado em outubro de 2006, com enfoque nas Tecnologias de Informação e Comunicação, conduzindo à criação de um instituto internacional de natureza virtual – o *Information and Communication Technologies Institute* (ICTI). O modelo de cooperação assentava em programas de educação avançada e em programas de investigação e envolvia cerca de 12 instituições de ensino superior e os respetivos centros e unidades de investigação nas áreas temáticas em referência, e ainda 4 laboratórios associados. Neste âmbito foi celebrado um conjunto de acordos entre a FCT e empresas que se constituíram como parceiros empresariais do novo instituto: como a Portugal Telecom, a Nova Base, a Siemens Networks Portugal e um grupo de 16 PME portuguesas de base tecnológica, comprometendo-se a maiores níveis de despesa em I&D intramuros e a uma maior percentagem de doutorados nos seus quadros.

Por outro lado, no âmbito da elaboração da presente Agenda de Investigação e Inovação, a FCT procedeu a uma consulta pública junto de entidades e organismo com responsabilidade na definição e execução da política pública, da Administração Central, Regional e Local organismos públicos com o objetivo de identificar temas que perspetivem maior desenvolvimento com base nos últimos 10 anos e no futuro bem como implicações para a relação com a produção de conhecimento e de inovação. A informação oriunda da referida consulta foi recolhida e analisada⁹.

De acordo com esta consulta, os aspetos sobre os quais foram identificadas necessidades de investigação e inovação nos últimos 10 anos estiveram fundamentalmente associados ao objetivo de diversificação de modalidades e ofertas de formação para qualificação da população adulta, e políticas de educação e formação e suas inter-relações com a economia e o desenvolvimento regional. As tecnologias para a digitalização foram em si mesmas também assinaladas como áreas chave em que importa investigar e inovar, tendo em vista a otimização da operabilidade de diversos serviços públicos.

⁹ Foi conduzida por um período aproximado de 2 meses (novembro/ dezembro de 2017) uma consulta pública, disponível no site da FCT, com base num questionário igualmente enviado a um conjunto de entidades e organismo com responsabilidade na definição e execução da política pública, da Administração Central, Regional e Local. Este questionário centrou-se em 2 **questões**, relativamente às quais foi solicitada uma resposta breve incidindo sobre identificação de **áreas de intervenção do organismo**, que no **passado** e no **futuro**, **apontassem para linhas de investigação e inovação futuras relacionadas com as agendas temáticas aplicáveis**

Estas questões tinham a formulação seguinte:

- **Questão 1**- Nos últimos 10 anos, que áreas de intervenção do organismo que representa exigiram mais atividade e conteúdos de investigação e inovação, na formulação de políticas públicas e no contexto da agenda temática (*Indique no máximo 3 áreas de intervenção*);
- **Questão 2** –No âmbito da formulação de políticas públicas, que áreas de intervenção emergem como sendo críticas e capazes de apontar para linhas de investigação e inovação futuras, no contexto desta agenda temática (*indique no máximo 3 áreas de intervenção*).

3.2. Desafios para a Agenda

De acordo com as Grandes Opções do Plano para 2018, um dos objetivos importantes que se configura é o da Promoção das Competências Digitais dos portugueses, *“fator essencial de uma economia e sociedade do conhecimento, ...sendo essencial elevar os níveis de inclusão digital e da utilização de novas tecnologias”*¹⁰

Reconhecendo o papel determinante da robotização e da digitalização, foram recentemente delineados dois importantes programas de política pública: o Programa Portugal Industria 4.0 e a Iniciativa Nacional Competências Digitais e.2030, “Portugal INCoDe.2030”.

Visando criar as condições para o desenvolvimento da indústria e serviços nacionais na era digital, e identificar as necessidades do tecido industrial português, o **Programa Portugal Industria 4.0**, coordenado pela COTEC Portugal¹¹ - Associação Empresarial para a Inovação - contempla um conjunto de medidas (públicas e privadas) com o objetivo de: i) acelerar a adoção das tecnologias e conceitos da Indústria 4.0 pelo tecido empresarial português; ii) de promover empresas tecnológicas portuguesas a nível internacional e de tornar Portugal um polo atrativo para o investimento.

Este programa procurou apoiar a adaptação da indústria e dos serviços nacionais no contexto do novo paradigma da **economia digital**, através dos seguintes sistemas de incentivos para a modernização e inovação dos seus produtos, serviços e modelos de negócio:

- SI Qualificação Projeto Individual – orientado para o reforço da capacitação empresarial das PME, com maior flexibilidade e resposta no mercado global, através da inovação organizacional e da gestão, da economia digital, da criação de marcas e design, de desenvolvimento e engenharia de produtos, serviços e processos, da proteção da propriedade industrial, da qualidade, transferência de conhecimento, da distribuição e logística e da eco-inovação);
- Vale Indústria 4.0 - promovendo a definição de uma estratégia tecnológica própria, para melhoria da competitividade da empresa, alinhada com os princípios da Indústria 4.0., através do desenvolvimento de tecnologias que permitem **mudanças disruptivas** nos modelos de negócio, nos processos e nos produtos.

Esta iniciativa Portugal i4.0 orienta-se ainda para a inovação produtiva, nomeadamente para projetos de Inovação Produtiva em Conectividade; Processos produtivos inteligentes; Produção aditiva; Máquinas inteligentes; Materiais avançados, operações modulares, impressão 3D, e robôs autónomos. Esta iniciativa promove ainda o investimento em projetos de Investigação e Desenvolvimento em sistemas Ciberfísicos, Virtualização e Simulação, Inteligência Artificial, Digitalização, Realidade Aumentada e *wearables*, nanotecnologia e materiais avançados, e energia.

Na fase II de implementação deste programa - e com o objetivo de colmatar os gaps que persistem em Portugal, em termos do “ecossistema de colaboração e inovação” e das empresas, nas quais ainda não se encontram generalizados os conceitos de i4.0 nas respetivas estratégias, modelos de negócio e operacional, e na capacidade de atrair e aplicar o talento disponível para suportar a transição – considerou-se necessário atuar em 3 linhas estratégicas: **generalizar i4.0, capacitar i 4.0 e assimilar i4.0.**

¹⁰ Grandes Opções do Plano 2018, D.R., 1ª série- Nº 249 – 29 de dezembro de 2017

¹¹ Na sequência de protocolo celebrado entre o Governo de Portugal e a COTEC

Para o efeito, foi estabelecido um conjunto de iniciativas aceleradoras, de modo a atingir as metas propostas:

- Avaliação da Maturidade Digital: auto-diagnóstico da maturidade digital e definição de roteiros para a transformação i4.0;
- Experience i4.0: partilha e disseminação do conhecimento gerado por experimentação e implementação de tecnologias e práticas no âmbito da i4.0;
- Estímulo à Inovação: estímulo aos alunos universitários nas áreas científicas e de negócio o empreendedorismo de base tecnológica e industrial;
- Qualificação Digital e Sectorial: planos de formação setoriais que permitem dotar os quadros de gestão e técnicos das PME com as competências necessárias para a i4.0;
- *Learning Factories*: mecanismos de formação orientados para as necessidades específicas e em formatos compatíveis com a articulação do “dia a dia” das PME;
- Experimentação e Aprendizagem: rede nacional equilibrada e colaborativa de *Digital Innovation Hubs*;
- Conexão Digital: digitalização e integração das cadeias de valor dos fornecedores e parceiros das grandes empresas e das PMEs *leading* nos temas i4.0, bem como a relação “*Startup-Corporate*”;
- *Coaching* i4.0: integração do investimento tecnológico, capacitar as organizações e facilitar a transformação organizacional;
- Gestão de Risco e Inovação: infra-estrutura de suporte aos desafios da cibersegurança;
- Acesso ao Financiamento: acesso a instrumentos e mecanismos de investimento e financiamento orientados a projetos no âmbito da i4.0;
- Financiamento e Transformação: fundos e linhas de apoio à tipologia e diversidade de projetos no âmbito da i4.0, para incentivar o “*scale-up*” e a transformação digital.

Estas iniciativas aceleradoras concretizam-se em diversas medidas entre as quais se destacam:

- Disseminação de ferramentas de auto-diagnóstico da maturidade digital;
- Reforço do Programa de *Open Days* i4.0;
- Lançamento do Programa Formação- Ação;
- Desenvolvimento de *Learning Factories*;
- Promoção de Academias Digitais i4.0;
- Desenvolvimento da rede de *Digital Innovation Hub* (DIH);
- Sistema de Incentivos (SI) em I&D empresas - Inovação Produtiva;
- Reestruturação da linha de Crédito Capitalizar “Indústria 4.0 - Apoio à Digitalização” no valor de € 100 Milhões;
- Vale Indústria 4.0;
- Sistema de Incentivos (SI) Qualificação PME

Por outro lado, salienta-se a concretização da “**Iniciativa Nacional Competências Digitais - Portugal INCoDe.2030**”, indo ao encontro da avaliação da OCDE (2016 e 2017) aos sistemas de formação superior, ciência, tecnologia e inovação em Portugal. A OCDE reconhece os esforços em curso e recomenda que Portugal continue a alargar e melhorar as competências digitais e a reforçar a capacidade de exploração do potencial social e económico dos mercados digitais emergentes, bem como a produção de novos conhecimentos nas áreas digitais geradores de maiores competitividade e inserção das empresas em cadeias internacionais.

O programa Portugal INCDODe2030 visa, assim, responder à necessidade de desenvolvimento de competências digitais, tendo como referencia o período entre 2017 e 2030.

A concretização da «Iniciativa Nacional Competências Digitais - Portugal INCoDe.2030» estrutura-se em cinco eixos essenciais: i) inclusão, através da generalização a todos os locais e camadas da população da aquisição de competências digitais para obtenção de informação, comunicação e interação; ii) educação, mediante formação das camadas mais jovens e reforço de competências digitais em todos os ciclos de ensino e de aprendizagem ao longo da vida; iii) qualificação, promovendo a capacitação profissional da população ativa, dotando-a dos conhecimentos necessários à integração num mercado de trabalho que depende crescentemente de competências digitais; iv) especialização, tendo em vista a qualificação do emprego e a criação de maior valor acrescentado na economia, reforçando a oferta de Cursos Técnicos Superiores Profissionais (TeSP) nesta área, bem como a formação graduada e pós-graduada de cariz profissional; e v) investigação, garantindo as condições para a produção de novos conhecimentos e a participação ativa em redes e programas internacionais de I&D.

Pretendendo posicionar Portugal no grupo de topo de países europeus em competências digitais, em 2030, a Iniciativa INCoDe.2030 desenvolve-se em torno dos seguintes princípios: generalização da literacia digital (com vista ao exercício pleno de cidadania e à inclusão numa sociedade com interações cada vez mais desmaterializadas); estímulo à empregabilidade e à capacitação e especialização profissional em tecnologias e aplicações digitais (respondendo assim a uma crescente procura) e à promoção da qualificação do emprego numa economia de maior valor acrescentado; e elevação da participação nacional nas redes internacionais de Investigação e Desenvolvimento (I&D) e de produção de novos conhecimentos em todas as áreas associadas à revolução digital.

CAIXA 3 – INCoDE.2030

Eixo qualificação:

IAPMEI cursos de formação no âmbito das academias i4.0, ações interempresas sobre proteção de dados; ações de marketing digital, no âmbito da indústria 4.0 com o envolvimento do INESC TEC; seminários sobre cibersegurança; formação no âmbito da Academia de PME; avaliação da maturidade das empresas face aos desafios da indústria 4.0 (SHIFT to 4.0).

INA, alargamento dos cursos de formação para 40 (AP Digital), o plano de capacitação de trabalhadores e dirigentes da AC (Infoexclusão Zero) e novas parcerias nomeadamente com o CSISP e a Marinha.

IEFP, formação profissional em TIC pelos CEFEP (Centros de Emprego e Formação Profissional), reconversão profissional de licenciados para a área das TICE, em articulação com o CCISP; formação em Competências para a Cidadania (parcerias com o Centro de Formação Profissional da Indústria Eletrónica, Energia, Telecomunicações e Tecnologias da Informação (CINEL) e a Agencia de Modernização Administrativa (AMA)); Acordos de Cooperação com o Centro de Serviços de Apoio a Empresas (CESAE); Programa Qualifica IT, através de acordo de cooperação IEFEP, U Minho e InvestBraga para um programa de formação nas áreas TIC para licenciados com formação nas áreas STEM. Iniciativas como as Academias Tecnológicas, envolvendo empresas, como Cisco, Microsoft, Samsung, Primavera, Hawei, em gestão de redes informáticas, e iniciativas de formação à distancia – formação de formadores e projeto-piloto de formação profissional.

Eixo especialização:

Número significativo de candidatos às áreas TICE no Concurso Nacional de Acesso ao Ensino Superior, um aumento de vagas e de número de alunos colocados em Cursos para Técnico Superior Principal

(CTeSP) nas áreas TICE; aplicação de metodologias de ensino/aprendizagem baseadas em projecto (PBL) em CTeSP; criação de CTeSP em parceria com empresas (IP Setúbal e Deloitte, em tecnologias Informáticas, IP Castelo Branco e Altran na área das Comunicações, IP Tomar e Softinsa na área de Gestão de Bases de Dados, IP Guarda e SOCEDIA, ACI, DURA e COFICAB na área da indústria automóvel. Projecto NAU – Ensino e Formação à Distância da Administração Pública para Grandes Audiências, criação de plataforma MOOCs – construção e operação de uma infraestrutura técnica e operacional de suporte à publicação e dinamização de conteúdos em formato MOOC, desenvolvido pela FCT- FCCN. Ateliers Digitais Google em várias IES. Projeto ASTROLÁBIO, desenvolvimento de conteúdos nas áreas digitais, envolvendo as U Minho, U Porto, U Aveiro, U Coimbra, U Lisboa e U Nova de Lisboa; mestrados profissionais com Escolas de Engenharia de várias universidades e as negociações para a criação de CTeSP na área da cloud (em desenvolvimento).

Eixo investigação:

Programa em Ciência dos Dados e Inteligência Artificial na Administração Pública, promovido pela FCT através de concursos públicos para apoiar novos projetos de I&D que envolvam parcerias entre a administração pública e instituições científicas; Rede Portuguesa de Computação Avançada (RNCA), para o desenvolvimento de competências em domínios como Big Data, computação de elevada performance, computação quântica, computação cognitiva ou visualização de grandes volumes de dados. Definida a Estratégia Nacional para a Inteligência Artificial (2018). Renovadas as parcerias internacionais entre Portugal e a Carnegie Mellon University, Massachusetts Institute of Technology e a UT Austin; nova parceria com a Fraunhofer Gesellschaft; promovida a Aliança Portuguesa Blockchain (ecossistema que reúne empresas, academia e entidades governamentais); colaboração com o Brasil: conferência da ConfOA, ISCTE, para o desenvolvimento conjunto de gestão de serviços e definição de políticas de Acesso Aberto e Ciência Aberta; colaboração com Angola: projeto conjunto para a criação de um Repositório Científico Digital para Angola; colaboração com Moçambique: U Eduardo Mondlane, U Minho e FCT e Instituto Brasileiro em Ciência e Tecnologia do Brasil com vista ao desenvolvimento de uma política de acesso aberto na UEM e no país

Destaca-se ainda a recente Estratégia de Inovação Tecnológica e Empresarial para Portugal, 2018-2030 (*Resolução do Conselho de Ministros nº25/2018*), a qual, reconhecendo que a inovação tem um papel fundamental na promoção do crescimento e da competitividade, estimula a adoção de tecnologia pelas empresas e pela sociedade em geral, estabelecendo como necessária a mobilização de atores públicos e privados quer na aceleração da digitalização da economia portuguesa, quer no reforço de estratégias colaborativas de inovação e transferência de tecnologia.

A política de ciência e tecnologia estendeu-se, em 2018, à renovação das parcerias entre Portugal e o MIT (Instituto de Tecnologia de Massachussets), e as Universidades americanas de Austin no Texas e de Carnegie Mellon – bem assim como com a Sociedade Fraunhofer (Alemanha), através do programa GoPortugal – Parcerias Globais de Ciência e Tecnologia para Portugal, a vigorar até 2030. Como grandes objetivos para esta nova fase, marcada por uma viragem e uma reorientação para as questões da inteligência artificial e robótica, estão definidos nomeadamente o estímulo ao emprego científico e o desenvolvimento do AIR Centre - Centro de Investigação Internacional do Atlântico, nos Açores¹²

¹² O Programa Científico do Air Centre encontra-se alinhado com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável das NU (ODS), incluindo tópicos como resiliência das cidades e áreas costeiras, espécies invasivas e perda de biodiversidade, observação por satélite e tecnologias de observação *in-situ*, a aquacultura *off shore*, o lixo oceânico, global energy interconnections, e sistemas de energia sustentáveis. O Programa Temático Específico do Air Centre é constituído por iniciativas transversais que suportam o Programa Científico Básico e incluem o Air DataNet, uma rede de facilidades e competências de supercomputação de apoio a modelos complexos e avançados de simulação do oceano e da atmosfera e ainda grandes conjuntos de dados; pelo Atlantic Data

cooperação e standardização relacionada com as facilidades de investigação, teste e demonstração disponibilizadas pelo Air Centre.

Já a parceria com a Universidade de Carnegie Mellon transfere agora a sua sede portuguesa do Porto, no Inesc Tec, para o Instituto Superior Técnico (IST), em Lisboa. Este programa centrou-se sobretudo nas tecnologias de informação e comunicação, iniciando agora uma nova fase muito centrada na ciência dos dados, aproveitando a especialização em inteligência artificial e robótica naquela Universidade, procurando que trabalhem ainda mais com os grupos de investigação em Portugal, materializando-se na abertura de concursos para projetos de investigação e bolsas de doutoramento

A parceria com o MIT, que terá a sua sede na Universidade do Minho, tinha como áreas principais a bioengenharia, a energia, o desenvolvimento industrial e os transportes, estando agora mais virados para a área do espaço, do clima, das interações oceânicas e das tecnologias oceânicas.

Finalmente, na sequência do repto da Comissão Europeia no âmbito do Plano de Coordenação Europeu para a IA, Portugal concebeu a Estratégia IA *Portugal 2030*, desenvolvida sob coordenação da FCUP - e com a participação dos Centros de Investigação relevantes na área. Em dezembro de 2018, foi discutida uma versão *draft* da Estratégia, no âmbito o 2º Forum Nacional para as Competências Digitais-INCoDe.2030. Em fevereiro de 2019 realizou-se a apresentação e discussão pública da Estratégia, no INL, Braga, com a presença da EC DG *Connect*, e finalmente, a 25 de fevereiro, realizou-se a apresentação e discussão pública da Estratégia, no Porto, em conjunto com a apresentação do S&T Outlook 2018, da OCDE.

Esta Estratégia define os seguintes grandes objetivos:

- **promoção de uma sociedade melhor, com melhor qualidade e eficiência dos serviços e dos processos**, garantindo a dignidade humana e o bem estar e qualidade de vida;
- **promoção das competências em IA e de “mentes digitais” para todos**, levando Portugal à vanguarda da Educação em IA, com todos os estudantes preparados com conhecimento em Ciências da Computação, assegurado as competências gerais em AI e atraindo talentos em AI do país e estrangeiros;
- **promoção de novos trabalhos e desenvolvimento de uma economia de serviços de IA**, com todas as empresas e serviços públicos a consumir IA. A cadeia de oferta de serviços de IA trará a IA dos laboratórios para a sociedade. Os serviços estarão acessíveis às PME's através da adoção da IA como um serviço (IA “*on demand*”)
- **promoção de Portugal como um laboratório vivo para experimentação de novos desenvolvimentos**, com os setores inovadores portugueses promovidos como “laboratórios vivos” para novas experiências a nível global, incluindo: i) IA para a transformação urbana através das cidades inteligentes e sustentáveis; ii) IA para redes energéticas sustentáveis; iii) IA para a biodiversidade, das florestas e da economia verde às espécies marinhas e à economia azul; iv) IA para a mobilidade autónoma; v) IA para a ciber segurança; vi) materiais quantum para a IA; vii) currícula de ensino em IA adaptativos para estudantes;

Club e pelo Atlantic GEOSS, duas ferramentas de acesso a dados focalizadas no Oceano Atlântico; bem como pelas Atlantic Research infrastructures, uma ferramenta para facilitar o acesso.

- **garantia de todos os nichos de mercado em IA através de serviços especializados chave em Portugal: desenvolvimentos de novas áreas de especialização**, como: i) Processamento de Linguagem Natural, com aplicação a translação automática e outros serviços automatizáveis; ii) IA em tempo real, com aplicação em criar condições de segurança para as empresas e para as transações financeiras; iii) IA para o desenvolvimento de software; iv) IA para “*edge-computing*”
- **contribuição para novo conhecimento e desenvolvimento através da investigação e inovação em IA**. O conhecimento em IA vai continuar a evoluir rapidamente na próxima década. A comunidade de investigação fortalecerá a sua presença no mundo através do desenvolvimento de investigação de ponta, em colaboração com as melhores equipas de investigação internacionais. A crescente utilização de IA pelas empresas portuguesas motivará o desenvolvimento de algoritmos e metodologias inovadores e a comunidade portuguesa de IA participará no desenvolvimento futuro da IA.

Foram ainda definidas as seguintes áreas de especialização em Portugal com impacto internacional: Processamento de Linguagem Natural; tomada de decisão em tempo real com IA; desenvolvimento de IA para Software; IA para o desenvolvimento de computação de ponta (*edge computing*);

Em contrapartida, foram identificadas as seguintes áreas para a investigação e inovação no âmbito das redes europeias: IA e a transformação urbana, através das cidades sustentáveis; IA e os sistemas de energia sustentáveis; IA, o ambiente e a biodiversidade- da floresta à economia verde e das espécies marinhas à economia azul; IA e a mobilidade autónoma; IA e a cibersegurança; IA e a indústria; IA e a saúde; e a investigação fundamental para o futuro a IA

Paralelamente à definição da Estratégia, destacam-se outras iniciativas recentes, como a abertura do concurso em janeiro de 2019 no âmbito do Sistema de Apoio à Modernização e Capacitação da Administração Pública (SAMA 2020), para financiar os projetos de Ciência de Dados e IA no âmbito da Administração Pública; e do Programa Mobilizador em Ciência de Dados e Inteligência Artificial na Administração Pública, em março de 2019, no âmbito de uma *call* competitiva para projetos de I&I promovidos pela FCT.

Como exemplo das iniciativas nesta área, salienta-se ainda o super-computador Bob, a funcionar no novo Centro de Computação Avançada do Minho. Parte da infraestrutura computacional foi cedida à FCT pela universidade norte-americana do Texas, ao abrigo de uma parceria que se alargou ao Centro Nacional de Supercomputação de Barcelona – onde se encontra o supercomputador MareNostrum, um dos mais potentes da Europa e um dos com maior capacidade do mundo. As aplicações do supercomputador português, que faz parte da Rede Ibérica de Computação Avançada, estendem-se à **bioinformática, ao clima, à segurança marítima, às pescas, à mobilidade nas cidades ou à gestão de risco de incêndio nas florestas**. O equipamento servirá, igualmente, para o processamento de dados do Centro de Investigação Internacional sobre o Atlântico nos Açores (AIR Centre), uma rede científica de vários países para o estudo do clima, espaço e oceanos.

Capítulo 4 – Subtemas (dimensões de reflexão) e prioridades de investigação e inovação

4.1: Robotização Avançada, Sistemas Autónomos e Inteligência Artificial (I.A.) e novos modelos de trabalho

Este sub-tema integra aspetos como a transformação tecnológica nas áreas da Robótica e da Inteligência Artificial (IA), na conceção de máquinas e na definição de algoritmos e a sua relação com novos modelos de trabalho e transformação da sociedade. Procura compreender os efeitos de hiperconectividade no trabalho e na sociedade (quer a nível das organizações quer das máquinas), e o delineamento de novos modelos de trabalho e de bem como de estratégias de participação das pessoas; inclui a análise dos modelos de trabalho dominantes em ambientes automatizados, reconhecendo o desenvolvimento recente dos modelos de negócio e identificando o perfil de funções que estão sujeitos a significativas alterações. Neste quadro, as novas dimensões da interação Indivíduo–Máquina implicam considerar o desenvolvimento da Robótica não apenas numa ótica de substituição-autonomia, mas evoluindo também numa ótica colaborativa (co-trabalho).

4.1.1 – Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Na vertente Investigação:

a) A importância estratégica da automatização para a indústria, medicina e serviços

O reconhecimento da importância da automatização (e da robótica em particular) nos diversos setores produtivos é cada vez maior. No entanto, esse reconhecimento está sobretudo associado à capacidade de inovação e à necessidade de modernização da nossa infraestrutura produtiva.

Tem havido particular atenção para o que se pode passar nos setores da indústria e dos serviços devido à crescente polémica internacional sobre a relação entre a tecnologia e os mercados de emprego.

Sobre alguns outros setores a informação é mais escassa, sobretudo em Portugal. Quase não existe informação sobre a introdução de robôs e outros sistemas automatizados nos cuidados de saúde no nosso país, ou mesmo em setores como a agricultura, o setor mineiro, ou no setor florestal.

Seria necessário então que a esse reconhecimento estivesse associada a produção de conhecimento e de informação estatística sobre estes processos, de modo que uma estratégia nacional possa ser melhor definida. Este levantamento deveria, por si mesmo, ser uma das consequências nesta Agenda.

b) Roadmaps sobre a emergência de novos modelos de trabalho

O único “roadmap” sobre robótica em Portugal foi publicado pela Sociedade Portuguesa de Robótica

(SPR) em 2009 ¹³. Este roteiro procurou cruzar as capacidades instaladas em Portugal com os grandes pilares do financiamento europeu em Robótica (à data da sua elaboração) e as áreas de particular interesse para o nosso país. Apesar de estar algo desatualizado, alguma da informação lá incluída, bem como a sua estrutura, poderiam ser reutilizadas para um novo *roadmap* que incluísse também o levantamento estatístico referido no ponto anterior e secções acerca da emergência de novos modelos de trabalho, em particular, daqueles que implicam a utilização mais intensiva de sistemas automatizados.

c) Introdução do elemento humano na modelação, simulação e controlo

A investigação sobre o elemento humano na modelação, simulação e controlo é realizada sobretudo na área da engenharia, mas quase inexistente nas áreas das ciências sociais. Não existem experiências, nem projetos de investigação neste tópico que sejam cobertos pela área das ciências sociais (em particular, pela psicologia e pela sociologia). O conhecimento científico nesta área requer uma cooperação significativa entre estas áreas de conhecimento onde se verificam poucos casos de colaboração em equipas multidisciplinares.

d) A segurança com os sistemas automatizados: informação e normalização

Portugal não tem participado nas comissões técnicas da ISO. A maior parte da capacidade técnica disponível na academia sobre este tópico está sobretudo orientada para aspetos de ergonomia de sistemas convencionais, ou para questões associadas à segurança da informação. Com respeito a segurança com os sistemas automatizados, não existe suficiente competência, pelo que dependemos sobretudo dos instrumentos definidos e desenvolvidos em outros contextos institucionais (grandes empresas, organismos internacionais, regulamentos nacionais de outros países).

Na vertente Inovação:

1. Melhoria da produtividade com melhoria das condições de trabalho

Um dos objetivos associados à introdução da robotização em sistemas de produção é o aumento da produtividade pela diminuição dos custos de trabalho. No entanto, uma justificação publicamente apresentada é geralmente a da necessidade de melhoria das condições de trabalho. Seria então expectável que os setores onde a robótica tem sido introduzida são aqueles com piores condições de trabalho, ou pelo menos onde as condições deficientes de trabalho podem afetar diretamente os objetivos de produtividade.

É difícil retirar uma conclusão objetiva desta hipótese pois não existem estatísticas regulares sobre o número de robôs introduzidos em Portugal, pelo menos, desde os anos de 1990.

2. Conhecimento do papel das pessoas nos ambientes automatizados e melhoria da participação humana na tomada de decisão

¹³ Primeira edição, revista para uma apresentação pública em Dezembro de 2011:
http://www.sprobotica.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=68.

Para as próximas décadas, este será um desafio particularmente importante para que não aconteçam alguns efeitos que se admite a automação poder vir a ter no mercado de trabalho. Muitas expectativas apontam para uma diminuição drástica do emprego nos setores com maior probabilidade de automatização (cf. Frey e Osborne, 2013), o que é particularmente importante, mesmo que outros autores não revelem tanto pessimismo nos seus cálculos. Por esse motivo, a solução não reside nas políticas preventivas do investimento na modernização técnica das empresas, mas sim no melhor conhecimento do papel das pessoas nos ambientes automatizados.

3. Produção de informação estatística sobre a introdução de sistemas automatizados em Portugal

A informação estatística acerca da introdução de sistemas automatizados em Portugal tem sido escassa.

Esta informação pode ser obtida sobretudo pelas associações empresariais. No entanto, estas têm pouca tradição em coligir informação estatística sobre o investimento em equipamento industrial dos seus associados. É possível, apesar disso, obter alguma informação parcial a partir dos dados de algumas empresas. Todavia o panorama nacional em termos de tendências continua a ser muito limitado, tornando impossível estabelecerem-se previsões consistentes para as próximas décadas.

4. Novos elementos sobre segurança e condições de trabalho com os sistemas automatizados: organização da informação e participação nas estruturas de normalização

A informação científica produzida acerca das tendências recentes em termos de segurança e das condições de trabalho em ambientes automatizados tem sido assinalável, mas o envolvimento de Portugal é ainda muito restrito sobre esta área. A Autoridade para as Condições de Trabalho não possui informação sobre esta área. Seria, por conseguinte, urgente que este organismo possa centralizar esta informação em cooperação com as instituições do sistema nacional de inovação e com sindicatos e associações empresariais.

4.1.2 – Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

A nível de Investigação:

1) Investigação sobre robótica, automação e trabalho

Alguns projetos de investigação têm sido desenvolvidos nos últimos anos em diversas áreas da robótica e automatização, e a sua relação com o trabalho. Estes projetos tiveram a participação de equipas de investigação portuguesas, nomeadamente:

- O projeto **ROBO-PARTNER** (2013-2017) teve como tema “Seamless Human-Robot Cooperation for Intelligent, Flexible and Safe Operations in the Assembly Factories of the Future” foi financiado pelo programa FP7 “Factories of the Future”.
- O projeto europeu **ColRobot** sobre Collaborative Robotics for Assembly and Kitting in Smart Manufacturing - Manufacturing competitiveness depends largely on its productivity, flexibility and agility to react to market demands.

- O projeto europeu **WORKS** (Work Organisation Restructuring in the Knowledge Society) referia-se à caracterização dos cenários sobre o futuro do trabalho, estabelecendo as principais dimensões mais relevantes e equilibrando-as.
- O principal objetivo do projeto **DM4Manufacturing** (Portugal 2020) é o desenvolvimento integrado de ferramentas de tomada de decisões de fabricação alinhadas com o uso eficiente de fabricação avançada.
- No projeto **3rd Hand**, com o sub-título “Towards a Semi-Autonomous 3rd Hand” (FP7), os robôs precisam estar cientes do trabalhador humano, aliviando-o das monótonas tarefas repetitivas, mantendo-o no circuito onde sua inteligência faz uma diferença substancial.
- O **MAIS-S**, Sistema Inteligente de Vigilância Multiagente, é um projeto do programa CMU | Portugal e aborda o problema do planeamento em sistemas multiagentes descentralizados no contexto de redes inteligentes de vigilância.

2) *Investigação sobre aspetos sociais da automação*

Esta área começou a ser desenvolvida em Portugal há cerca de 30 anos¹⁴.

- *Conceitos de relação social: percepção, representação, interação, aprendizagem e adaptação*

Estes conceitos fundamentais às ciências sociais têm sido apropriados pelas ciências de engenharia. Não sendo um problema em si, são conceitos que ganhariam especial significado se mais cientistas sociais pudessem estar envolvidos nas equipas de desenvolvimento e aplicação de sistemas automatizados.

- *A dimensão ética, legal e social dos sistemas automatizados*

Em Portugal, a investigação sobre os aspetos sociais da automação nos últimos 10 anos tem sido bastante reduzida. É de referir que o estudo acerca da relação automatização-mercado de trabalho em Portugal (Fonseca and Pereira, 2015), relativo ao período de 1986-2007, confirma a tese da polarização derivada da evolução tecnológica, divergindo dos resultados de outros estudos internacionais segundo os quais Portugal não apresenta tendência para a polarização do emprego (Goos and Manning, 2009; Fernández-Macías, 2012; Eurofound, 2014). Os diversos estudos sociológicos dos últimos 10 anos evidenciam a segmentação e a dualização do mercado de trabalho, mas não se conhecem estudos focados especificamente na relação entre a automação e a evolução do mercado de trabalho. Sobre a relação entre tecnologias de informação e novas formas de trabalho há alguns estudos, embora não sejam recentes, com destaque para o teletrabalho (Urze, Barroso e Moniz, 2003; Nunes, 2007; Kovács e Casaca, 2008). Mais recentemente, Moniz publicou um livro sobre Robótica e Trabalho (2018) onde esta relação é também analisada.

No que se refere à dimensão legal, é urgente a criação de um quadro de regulação adequada à internacionalização dos sistemas produtivos e de prestação de serviços, às redes globais com estruturas

¹⁴ Esta área de investigação (aspetos sociais da automação) começou a ser desenvolvida em Portugal há cerca de 30 anos no âmbito do Grupo de Robótica Inteligente (mais tarde, CRI) do UNINOVA que incluía uma linha de investigação sobre “Implicações Sociais da Robótica”. Esta linha foi coordenada por A. Moniz, e teve entre os seus membros Ilona Kovács, Augusto Mateus e Maria João Rodrigues. Hoje em dia esta área de investigação encontra-se muito diluída havendo alguns especialistas que continuam a trabalhar nesta área sobretudo nos centros CICS.NOVA, SOCIUS e CES. Não se conhecem projetos específicos pois geralmente não se enquadram nas áreas disciplinares a concurso na FCT, pois as suas características são interdisciplinares.

flexíveis que não se coadunam com as lógicas nacionais das instituições do mercado de trabalho e da legislação. As plataformas digitais ocupam um lugar de destaque nos debates atuais devido ao vazio legal. A concorrência entre os trabalhadores digitais à escala mundial leva a um nivelamento por baixo. A economia de plataforma faz desaparecer as fronteiras, anula todos os quadros regulatórios nacionais e de tributação. A economia de plataforma cria um mercado de trabalho oculto, hiper-flexível com o risco de as novas formas de trabalho serem utilizadas como meios de *outsourcing* e de precarização do trabalho, (Degryse, 2016; ETUI, 2016). Devido à existência deste vazio legal, o Parlamento Europeu propõe a regulamentação da "economia colaborativa", incluindo as plataformas de trabalho massificado (European Parliament, 2017).

A nível de Inovação:

1) *Interação indivíduo-robô*

Embora o objetivo principal da investigação em robótica e sistemas autónomos seja a criação de máquinas inteligentes completamente autónomas, tem-se assistido a uma integração progressiva do fator humano na malha de interação com sistemas robóticos. Por um lado, a introdução de robôs em ambientes povoados por humanos (em espaços públicos, em casa, em hospitais e centros de saúde) requer que as máquinas se comportem de uma forma socialmente aceitável pelos humanos quando interagem com estes. Por outro lado, a autonomia ajustável, em que o operador de um robô é aliviado de diversas operações minuciosas para se concentrar em tarefas de mais alto nível de abstração, representa uma solução cada vez mais realista para a criação de produtos comerciais em que os humanos se sintam envolvidos no processo e não substituídos pelas máquinas.

2) *As aplicações da automatização nos diferentes setores*

A maior parte da investigação feita em Portugal diz respeito a aplicações no setor da saúde e da indústria. A investigação em saúde inclui sobretudo as áreas dos cuidados de saúde, da cirurgia robotizada e a do tratamento de imagens médicas. As aplicações industriais têm coberto diversos setores, em particular, os do setor automóvel, da eletrónica, da logística.

Existe, no entanto, um conjunto de setores com desenvolvimentos de investigação que estão a levar à introdução de novos produtos robotizados no mercado em áreas menos tradicionais, como os veículos aéreos autónomos, os robôs de busca e salvamento, os robôs assistentes para apoio em casa e locais de trabalho, os robôs de entretenimento e de publicidade, e os robôs educativos.

3) *O elemento humano na modelação, simulação e controlo em ambientes automatizados*

Não tem existido estudos relevantes sobre este tema com aplicações em Portugal.

4) *Novos roteiros sobre robotização e novos modelos de trabalho*

Como já mencionado acima, a SPR produziu um *roadmap* sobre robótica. A investigação sobre novos modelos de trabalho não tem produzido roteiros embora se reconheça o papel do EuroFound neste domínio. Portugal esteve também diretamente envolvido numa ação COST sobre "Dinâmicas do Trabalho Digital". A APDSI tem estado envolvida na realização de estudos que sintetizam o ponto da

situação do impacto da Sociedade da Informação no trabalho. Não existe, todavia, um roteiro sobre robotização e novos modelos de trabalho, nem projetos de investigação nacionais sobre esta área ou este tema. Alguns investigadores portugueses têm participado em projetos internacionais que abordam esta questão. Seria importante que instituições como o IEFP ou o IAPMEI pudessem apoiar estudos nesta área com a colaboração de centros de investigação ativos na referida área.

4.1.3 – As questões chave para uma agenda de investigação e oportunidades de inovação

Em termos de **foco de Investigação**:

a) *Aumento de produtividade, automação e trabalho*

A realização das potencialidades das tecnologias avançadas relativa ao aumento da produtividade e da qualidade do trabalho/emprego depende, em grande parte, do modo de adoção das novas tecnologias e das formas de organizar a produção e o trabalho, ou seja, da mudança do *design* do processo produtivo de produtos e de serviços, da alocação interna e externa das atividades, bem como da alocação das tarefas e responsabilidades. O *design* do processo produtivo de produtos e serviços e o tipo de organização do trabalho condicionam o tipo de qualificações necessárias. O taylorismo digital é uma opção: dividir, fragmentar o trabalho ou a parte ainda não suscetível à automação, em tarefas parcelares simples, passíveis de alocação externa, ou seja, de subcontratação a prestadores de serviço individuais. Esta opção implica a centralização do poder de controlo sobre todo o processo e equipamentos, e também uma polarização entre especialistas muito qualificados e trabalhadores pouco qualificados. Mas essa não é uma tendência determinada pela digitalização, como é afirmada em diversos estudos e relatórios. O trabalho pode ser organizado com base nos princípios de atividade desafiante, autonomia e descentralização do poder de decisão e de controlo, ou seja, em grupos de trabalho orientados para projetos nos quais há uma partilha de conhecimentos, competências e responsabilidades, ou em equipas autónomas que tomam decisões sobre os processos de trabalho e organização interna da equipa, assumindo responsabilidade pelos resultados, sendo a formação para o desenvolvimento de novas competências centrais nesta opção. Esta opção visa conciliar o aumento da produtividade e da qualidade do trabalho/emprego. Os estudos existentes sugerem que **a relação entre as opções relativas ao *design* do processo produtivo, tipo de organização do trabalho e a produtividade é uma questão chave para a investigação.**

b) *Novas formas de trabalho / emprego*

As diversas publicações internacionais recentes (EPTA, 2016; Eurofound, 2015; OECD, 2016a e 2016b; WEF, 2016;) indicam novas formas de trabalho sobretudo relacionados com o trabalhador por conta própria ou trabalhador independente, tais como, o teletrabalho/trabalho móvel baseado em TIC, o trabalho de portfólio, bem como o *crowdwork* (trabalho em massa) baseado em plataformas online. Esta última forma com rápido crescimento nos últimos anos ainda é pouco difundida e pouco estudada. Apesar disso, é muito destacada nas publicações referidas. Há indícios que a economia de plataforma, é, em grande parte, baseada no trabalho atípico mal pago e sem acesso a benefícios e à proteção social, devido ao estatuto de auto-emprego ou *freelancer* dos trabalhadores que na maior parte das vezes não corresponde à situação real de emprego. De acordo com o relatório da Eurofound (2015b), em Portugal

entre as diversas formas são utilizadas três: “o trabalho móvel baseado em TIC, “o trabalho portfólio” e o “*crowdorking*”, sendo todas baseadas em acordos individuais, mas está ausente o “trabalho cooperativo”. Os dados estatísticos atualmente disponíveis em Portugal não permitem o estudo da extensão e crescimento das novas formas de trabalho/emprego ligadas à automação. Deste modo, torna-se necessária a recolha de dados em primeira mão através de investigação. Além da extensão, **a qualidade das novas formas de trabalho/emprego (conteúdo do trabalho, oportunidades para aprendizagem e desenvolvimento de novas competências, autonomia e participação, etc.), bem como o seu enquadramento legal são questões pertinentes de investigação.**

c) *Novas formas de organização do trabalho*

As tecnologias avançadas para alguns autores (Malone, Laubacher and Jones., 2011), levam à hiperespecialização que é aplicada mesmo aos trabalhos mais sofisticados em numerosas atividades industriais e de serviços que podem ser subdivididas e fragmentadas em tarefas simples e rotineiras e distribuídas, através de plataformas digitais, entre um exército de trabalhadores, cujo trabalho é pré-definido, medido e controlado centralmente. A grande vantagem atribuída a esta organização do trabalho, ao taylorismo digital, para os seus adeptos reside na redução de custos e nos ganhos de eficiência. Para outros (Arnzt et al., 2016), a robotização avançada e a automação permitem a reorganização do trabalho no sentido de desenvolver uma nova divisão do trabalho que proporciona aos trabalhadores a realização de tarefas novas e complexas, oportunidades de aprendizagem contínua e o desenvolvimento de novas competências que completam as novas tecnologias. As plataformas online podem promover equipas virtuais de trabalho colaborativo com base na colaboração entre as empresas, por exemplo no *design* e desenvolvimento de novos produtos e processos, ou nas atividades de venda e marketing, em vez do taylorismo digital. Os estudos elaborados com base nos inquéritos quinquenais realizados pela Eurofound, fornecem algum conhecimento sobre as formas de organização do trabalho, nomeadamente sobre a utilização de práticas inovadoras nos locais de trabalho. Os sucessivos relatórios indicam que Portugal faz parte do grupo de países onde as novas formas de organização do trabalho ou práticas inovadoras são menos utilizadas. **O melhor conhecimento sobre o tema “Automação, robotização e formas inovadoras de organização do trabalho” requer tanto estudos extensivos como estudos qualitativos baseados em estudos de caso.**

d) *Interação indivíduo-robô em ambientes complexos de trabalho*

Embora não seja fácil antever quais os desenvolvimentos futuros de maior sucesso, vários especialistas na área e a experiência passada mostram que o mais habitual é a evolução incremental dos sistemas rumo à autonomia, sem nunca a atingirem completamente, i.e., o humano está sempre envolvido na cadeia de decisão. O que normalmente acontece é a introdução sucessiva de novos elementos de **situational awareness** que proporcionam um acréscimo de informação ao(s) elemento(s) humano(s) envolvidos, permitindo-lhes realizar um trabalho mais produtivo e com maior qualidade. Exemplos disto são: os sistemas de cirurgia robotizada que reduzem significativamente os tremores do cirurgião humano e guiam as suas ações invasivas para que estas sejam mais precisas, reduzindo os problemas no pós-operatório e aumentando a taxa de sucesso das cirurgias; os sistemas de apoio a pilotos de aeronaves que traduzem a informação dos sensores em realidade virtual (e.g., permitindo “ver” a pista onde se vai aterrar na presença de céu muito nublado) sistematizando a operação da aeronave e reduzindo os erros do piloto em situações adversas; sistemas imersivos que permitem a operadores de

submarinos oceanográficos situados num navio de superfície ter a sensação de estar no local, em mar profundo, onde o submarino robótico realiza operações de pesquisa.

e) As dimensões éticas, legais e sociais do trabalho com sistemas automatizados

Uma das questões chave no que se refere à dimensão social prende-se com a evolução do mercado de trabalho, nomeadamente com a alteração da estrutura ocupacional e de qualificações. Quais as ocupações mais atingidas pela automação das tarefas e mais ameaçadas pela eliminação dos empregos? Que novas profissões surgem e quais os requisitos de qualificação/competências? Quais as profissões mais atingidas pela profunda transformação do conteúdo das suas tarefas e pelas novas exigências de qualificação/competências? O debate na literatura sugere que a adoção de uma perspetiva centrada no conteúdo do trabalho, nas tarefas individuais e não nas profissões, é necessária pois existe uma grande heterogeneidade de tarefas dentro das mesmas profissões. Também é importante a **identificação do padrão no qual se inscrevem essas mudanças: polarização, melhoria da estrutura de qualificações (upgrading) ou a desqualificação (downgrading)**.

Na perspetiva de **Oportunidades de Inovação**:

1) Aumento de produtividade, automação e trabalho

A **relação entre produtividade, automação, robótica e trabalho** não foi ainda analisada/explorada em Portugal. O estudo desta relação é fundamental para se poderem estabelecer prioridades de investimento na área da automação e opções de desenvolvimento tecnológico. Esta investigação necessita competências das áreas da micro-economia, sociologia do trabalho, economia dos mercados de trabalho, engenharia robótica, avaliação de tecnologia.

2) Novas formas de trabalho

Não existem estudos publicados sobre a **relação entre a automação, a robótica e o desenvolvimento de novas formas de trabalho**. Estes estudos poderão ser realizados com base em casos e em articulação com associações empresariais e profissionais. Os resultados desses estudos serão significativos para o conhecimento de novas necessidades de formação profissional e para a regulação de formas de emprego.

3) Sistemas avançados de produção e segurança

Portugal não tem estado envolvido no debate e no **estabelecimento de normas de segurança na área da robótica**. As empresas são obrigadas a seguir o normativo estabelecido pelos organismos internacionais, mas não se conhecem as necessidades que as empresas têm para possíveis alterações dessas normas, nem os mecanismos de envolvimento de especialistas. A Ordem dos Engenheiros, o ISQ e a APQ poderiam promover maior discussão pública destes temas e definir eventuais soluções alternativas, quando necessárias.

4) *Novas qualificações profissionais*

Em articulação com o IEFP, seria necessário estabelecer-se um quadro de requisitos para a definição de novas qualificações profissionais de acordo com novos desenvolvimentos no domínio da robótica. Será necessário desenvolver o conhecimento nacional sobre a **potencial emergência de novas qualificações**. Esta necessidade deveria promover o estabelecimento de inquéritos regulares de levantamento de informação sobre os conteúdos de tarefas de trabalho com tecnologias avançadas de produção.

5) *Interação indivíduo-robô em ambientes complexos de trabalho*

Quer em termos internacionais, quer sobretudo a nível nacional, não existem estudos suficientes sobre os **modelos de interação indivíduo-robô em ambientes complexos de produção**, nomeadamente sobre os conteúdos de trabalho com robôs. É um tema que requer investigação e inovação aplicada a diferentes setores e tipos de empresas.

Promoção de **experiências de inovação social e organizacional** relacionado com um ou mais tópicos indicados, como por exemplo, **interface homem-máquina, práticas de trabalho inovadoras nos locais de trabalho** orientadas para a melhoria das condições de trabalho e aumento da participação, **novas formas de trabalho cooperativas**. Estas experiências implicam o envolvimento de parceiros sociais e investigadores e podem ser inseridas em programas específicos de inovação.

4.1.4 – Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

1) *Investimento em investigação sobre a relação entre trabalho e automatização*

Não existe atualmente qualquer programa de investigação ou de desenvolvimento que, em Portugal, contemple a relação entre trabalho e automatização. A possível articulação poderia realizar-se na área de história da ciência e tecnologia (FCT), mas essa abordagem não revelaria os problemas atuais e as tendências dessa relação. Ainda assim, não se conhecem estudos dessa área realizados no país. Seria importante que a investigação na área da economia e da sociologia pudessem integrar este tipo de estudos. Dada a experiência recente dos programas de apoio à investigação, podemos concluir que apenas o apoio a investigação interdisciplinar nesta área pode motivar o aparecimento de investigadores interessados nesta temática.

2) *A integração dos aspetos sociais na investigação em robótica*

A investigação na área da robótica tem estado exclusivamente inserida nos domínios da engenharia (informática, eletrónica). Não existe ainda uma área dedicada a estudos sociais da tecnologia. Caso se reconheça a importância desta especialização científica, poderão aconselhar-se a apresentação de propostas de projetos de investigação que abordem os aspetos sociais da robótica, e que contemplem os domínios de diferentes disciplinas, como a engenharia, a informática, a sociologia, a economia, ou a gestão. Deste modo, poderia ser possível o aparecimento de estudos interdisciplinares que abordem esta área de interesse público cada vez mais acentuado, e que permitam utilizar recursos disponíveis e criar novas competências nesta área já reconhecida a nível internacional.

3) *Interdisciplinaridade no ensino e na investigação*

Se a interdisciplinaridade na abordagem da relação entre trabalho, automatização e emprego é fundamental, seria necessário promover também a construção de capacidades e de competências no conhecimento interdisciplinar que exige conceitos e metodologias específicas. Este é um fator crítico que poderá permitir a criação de uma nova geração de investigadores capazes de investigarem temas de elevada complexidade e com um enorme público, preocupando os mais diversos atores sociais e entidades públicas e privadas. A criação de respostas para grandes desafios e questões acerca do trabalho do futuro, é possível apenas com uma capacidade de conhecimento interdisciplinar. E essa capacidade pode obter-se através da formação avançada e da experiência no domínio da investigação orientada que, nem num caso, nem no outro, existem ainda em Portugal.

4) *Investimento em investigação sobre a relação entre produtividade, condições de trabalho e automatização*

Existindo uma completa ausência de informação estatística sobre esta relação, não se sabe como tem evoluído a aplicação de sistemas automatizados (robótica, CNC, etc) e os seus efeitos em termos de alterações de condições de trabalho, nem sequer quais os resultados em termos de eventuais melhorias da produtividade. Este conhecimento necessita informação sistemática e grande parte fundamentada em estudos de casos e na recolha de dados através da aplicação de inquéritos. De qualquer forma, é uma nova área de investigação que requer um acompanhamento especializado das áreas da Sociologia, da Economia, da Psicologia e da Engenharia.

5) *Produção de informação estatística e sua disponibilização*

Não existe informação estatística sobre as características da automação em Portugal (que equipamento têm sido instalados? quando? para que tipo de aplicações? qual o período médio de operação? que profissionais estão associados à sua operação? quais as razões da sua aquisição? que resultados são obtidos ao longo da sua vida operacional? que obstáculos foram encontrados? que soluções foram obtidas e de que forma? etc.). Deveria ser obtida informação sistemática que permita a comunidade científica e empresarial avaliar o impacto das tecnologias de automatização na sociedade, compreender que será necessário empreender para resolver problemas identificados e para antecipar tendências de evolução que permitam uma melhor preparação técnica e desenvolvimento de recursos necessários.

6) *Envolvimento da Autoridade para as Condições de Trabalho nas atividades de investigação nesta área*

A Autoridade para as Condições do Trabalho é um serviço do Estado que visa a promoção da melhoria das condições de trabalho em todo o território continental através do controlo do cumprimento do normativo laboral no âmbito das relações laborais privadas e pela promoção da segurança e saúde no trabalho em todos os sectores de atividade públicos e privados.

Seria necessário proceder a um melhor conhecimento sobre os acidentes de trabalho com sistemas automatizados. A informação em

[http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/acidentestrabalhotipo/Paginas/default.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/acidentestrabalhotipo/Paginas/default.aspx) é muito

incipiente sobre estes casos.

7) *Envolvimento dos parceiros sociais nesta temática*

a) *Papel do [Conselho Económico e Social](#)*

Pelas suas características, o CES é o local de negociação e de estabelecimentos de acordos sobre domínios estratégicos nacionais relacionados com o desenvolvimento económico e social. Deste modo, o seu envolvimento na temática coberta por esta agenda é fundamental para poder antecipar necessidades relativas à mudança nas estruturas de emprego e de qualificações decorrentes da aplicação de formas de automatização de tarefas de trabalho.

b) *A posição das Associações Empresariais*

As associações empresariais necessitam obter informação sistemática sobre as potencialidades de desenvolvimento tecnológico em Portugal e sobre os recursos disponíveis, quer em termos de emprego, quer em termos de conhecimento científico e técnico que lhes permita

c) *A posição das centrais sindicais*

Tal como noutros países, é importante que os organismos sindicais tenham uma posição acerca do tema desta agenda. Quer a CGTP, quer a UGT, poderiam ser convidados a elaborar tomadas de posição sobre a relação entre robótica, automação e emprego. Até ao momento, nenhuma das centrais realizou qualquer iniciativa nesta área. O Instituto Sindical Europeu (ETUI) tem vindo a ser muito ativo nesta área e a produzir muitos estudos, mas esse conhecimento não se tem refletido ao nível nacional.

4.2: Qualificação de pessoas, competências e fatores de empregabilidade

O presente capítulo é dedicado à exploração das perspetivas de investigação e de inovação relacionadas com as implicações da robotização, automação e inteligência artificial (a seguir designada de computadorização) na qualificação, competências e fatores de empregabilidade individual. O objetivo é identificar linhas e temáticas de investigação que permitam produzir um corpo de conhecimento que integre as múltiplas dimensões da relação entre computadorização e o trabalho. O texto apresentado parte de um conjunto de pressupostos de natureza social e científica-tecnológica, a seguir listados. A revolução industrial alterou significativamente as exigências da vida quotidiana da generalidade das pessoas.

Após o século XIX, esta revolução foi responsável pela introdução de novos métodos de produção e alterou as relações de poder existentes na sociedade, criando e destruindo classes sociais, profissões e saberes necessários para trabalhar com novos objetos e métodos de trabalho.

Mais recentemente, alguns avanços tecnológicos permitiram a substituição de um crescente número de tarefas desempenhada por trabalhadores por máquinas industriais, num fenómeno frequentemente denominado de robotização, mecanização e/ou automação. No entanto, os medos de que este fenómeno destruiria postos de trabalho desempenhados por humanos não se materializaram, obtiveram-se ganhos em termos de emprego, as novas qualificações necessárias à economia foram desenvolvidas e evitou-se o desemprego massivo (Palvia and Vemuri, 2016). Atualmente, existem alguns sinais de uma crescente ansiedade social com a substituição de trabalho manual por tarefas

automatizadas, decorrentes dos avanços recentes da tecnologia em áreas como a inteligência artificial, robotização, sensores, miniaturização, reconhecimento de voz, entre outros.

A reflexão científica sobre o impacto da robotização, automatização e inteligência artificial na qualificação, nas competências e empregabilidade em Portugal é ainda embrionária. Na realidade, existem poucos estudos que abordem este problema no seu contexto e nas suas implicações sociotécnicas. A maioria dos estudos realizados centram-se em abordagens parcelares e/ou disciplinares, deixando este desafio à mercê dos acontecimentos e sem preocupações de resposta que englobem os vários desenvolvimentos na aplicação de novas tecnologias, no mundo do trabalho e na necessidade de prever necessidades futuras para a sociedade e economia nacional.

O Cedefop identifica e antecipa as necessidades futuras de competências e os potenciais desajustamentos de competências. Fornece provas de alta qualidade sobre as tendências do mercado de trabalho e as necessidades de competências, produzindo previsões regulares de oferta e procura de competências para a Europa e analisando os potenciais desajustamentos e desequilíbrios do mercado de trabalho (<http://www.cedefop.europa.eu/en/themes/identifying-skills-needs>). Mais recentemente organizaram o portal “[Skills Panorama](#)” a exploração e análise dos dados disponíveis dos países europeus, quer em termos de mercado de emprego, quer de setores e de temas de política.

A compreensão e harmonização dos avanços tecnológicos compatíveis com uma vida laboral integrada em sociedade integração passa, entre outros aspetos, pela preparação de mecanismos que permitam à sociedade educar e preparar uma força de trabalho com pelo menos uma década de antecedência, dotando-a das qualificações laborais necessárias para promover a economia que existirá no futuro. A agenda de investigação e inovação deverá contribuir para promover um corpo de conhecimentos sobre o impacto que a robotização/mecanização terá nos postos de trabalho no futuro em Portugal, e facilitar decisões políticas sobre as qualificações necessárias para garantir, por um lado, o bem-estar futuro da sociedade e, por outro, a integração dos formandos na economia futura. Este corpo de conhecimentos deverá estar na base das orientações futuras sobre as necessidades de formação e qualificação em Portugal, informando as decisões operacionais sobre programas de formação e qualificação que poderão ser oferecidos aos portugueses.

Pressupostos de natureza de social

- A sociedade em geral, em particular a ocidental, vê o emprego e o trabalho como factores de auto-realização e obtenção de rendimento;
- A sociedade é composta por pessoas heterogéneas, com ambições e necessidades díspares;
- Existe uma ética do trabalho inerente ao desenvolvimento pessoal;
- Todos os atores (*stakeholders*) devem estar envolvidos na discussão sobre os impactos dos avanços tecnológicos;
- O papel de coordenação deve ser assegurado para os humanos.

Pressupostos de natureza científica-tecnológica

- Os conceitos de mercado de trabalho e emprego podem estar desajustados à nova realidade do mundo do trabalho;

- Os impactos dos diferentes avanços tecnológicos (robotização, automação, inteligência artificial) sobre o trabalho são diferenciados;
- A investigação sobre as implicações da computorização implica uma abordagem multi e interdisciplinar, e uma investigação multi-metodológica (qualitativa, quantitativa e experimental);
- De forma geral e ético, o desenvolvimento tecnológico é benéfico à sociedade;
- A qualificação, as competências e fatores de empregabilidade individual são influenciados também por fatores comportamentais advindos de, por exemplo, uma gradual transição para uma economia circular e sustentável.

É sugerida a criação de um Conselho Nacional de Ética para, a Automação, Inteligência Artificial e Trabalho (à semelhança do trabalho desempenhado pelo Conselho Nacional de Ética para as Ciências da Vida).

- O presente capítulo é dedicado à exploração das perspetivas de investigação e de inovação tecnológica e social que irão de alguma forma afetar ou influenciar as estruturas de qualificação das pessoas, os requisitos de competências técnicas e sociais e os fatores de empregabilidade, num futuro próximo que se crê seja fortemente influenciado pela robotização e digitalização industrial, assim como por fatores económicos, políticos, sociais e ecológicos.
- A agenda de inovação distingue-se da agenda de investigação no sentido em que assenta numa perspetiva de introdução de novas metodologias, processos e ferramentas que suprimam os desafios societais relacionadas com a qualificação das pessoas, competências e fatores de empregabilidade.
- O texto apresentado parte de um conjunto de pressupostos de natureza social e científica-tecnológica, tais como: a sociedade em geral, em particular a ocidental, percebe o emprego e o trabalho como fatores de auto-realização e obtenção de rendimento; a sociedade é composta por um conjunto heterogéneo de pessoas, com ambições e necessidades díspares; existe uma ética do trabalho inerente ao desenvolvimento pessoal; e a qualificação e capacitação das pessoas para os diferentes avanços tecnológicos, implica uma abordagem interdisciplinar e multi-metodológica. Assume-se ainda que todos os atores (*stakeholders*) devem estar envolvidos na discussão sobre os impactos dos avanços tecnológicos; e que o papel de coordenação é assegurado para os humanos.

4.2.1. - Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Na vertente Investigação:

Os objetivos estratégicos para este subtema são:

- Mapear as ocupações ou atividades profissionais: a computorização contribui para desaparecimento de certas profissões ou atividades e para o surgimento de outros. Uma tarefa fundamental consiste em analisar a reconfiguração e emergência de profissões ou atividades profissionais e construir uma nova carta de empregos que possa guiar os investimentos em educação e formação, apoiar os serviços de emprego na orientação ou reorientação profissional, suportar a recolha de informação estatística, entre outras. As estatísticas sobre essas profissões ou atividades são cruciais para perceber as dinâmicas do mercado de trabalho.

- Garantir a disponibilidade de qualificações e competências: a computorização exige, em primeiro lugar uma competência transversal a que podemos designar de literacia tecnológica. Além disso, as novas tecnologias exigem, por um lado, qualificações altamente especializadas e competências cognitivas e técnicas particulares, mas por outro contribuem para uma rápida obsolescência das qualificações existentes. O desafio para o sistema de educação-formação é então encontrar mecanismos para responder a essas exigências, e mas preferencialmente antecipar a oferta de qualificações e competências. Este desafio coloca-se muito especialmente ao nível do ensino superior e da preparação de diplomados em áreas tecnológicas, mas também ao nível do sistema de formação para garantir a transferibilidade e reinserção profissional dos indivíduos cujos empregos foram destruídos pela inovação tecnológica.
- Equacionar a reconfiguração da regulação do mercado de trabalho: as inúmeras formas atípicas de emprego e de trabalho virtual que a era digital tende a potenciar pressupõem uma abordagem diferente das instituições que regulam do mercado e do direito do trabalho. O desafio maior é prevenir os riscos da flexibilidade desregulada e da necessidade de formas de intervenção ajustadas a esses tipos de relação flexível de emprego. É necessário que os atores sociais e políticos compreendam as implicações da relação de emprego virtual e de um mercado de trabalho desestruturado, em que “empresários” individuais vendem a sua força de trabalho a múltiplas organizações e não a empregadores. A remercantilização da relação de emprego deve ser acautelada.
- Garantir um mercado de trabalho sustentável e inclusivo: compreender a natureza do desemprego e garantir a empregabilidade de categorias de trabalhadores afetados pela computorização, promovendo a sua transferibilidade para outros setores/atividades de modo a evitar a sua exclusão profissional e consequentemente social. Importa evitar a polarização do mercado de trabalho em que as profissões altamente qualificadas e as que exigem pouca qualificação tendem a crescer, enquanto as de nível intermédio tendem a desaparecer. Explorar ainda o advento tecnológico para criar condições de formação e emprego de grupos tradicionalmente vulneráveis. Analisar as alternativas individuais de trabalho distinguir opções voluntárias e involuntárias relativamente à relação de emprego.
- Analisar a gestão de recursos humanos na era da computorização: pressupõe implicações a três níveis: a utilização da tecnologia nos processos de gestão dos RH; a gestão no contexto de redução de mão-de-obra direta (os empregados); e a gestão dos ‘não empregados’ que permitem à empresa resolver necessidades específicas, de mão-de-obra (crowdsourcing). Além disso, as organizações precisam assegurar a transferência intergeracional de conhecimento e criar condições e estímulos à reciclagem de conhecimentos e competências – com forte aposta num novo conceito de formação profissional – orientados para as tecnologias informáticas e sistemas inteligentes.

Na vertente Inovação:

Portugal está integrado num ecossistema europeu e mundial que vive presentemente uma significativa transformação. As cidades estão a crescer, os fluxos de pessoas, informação e ideias estão a aumentar rapidamente e tal tem impacto económico, ecológico e sociológico que implicam uma reação e adaptação. É necessário criar sustentabilidade nas cidades, nos sistemas de segurança social, nas cadeias de abastecimento, nos padrões de consumo.

Um dos principais problemas da robotização é o seu impacto no mercado de trabalho. De acordo com Moniz and Krings (2016), existe um significativo número de postos de trabalho industrial em risco de vir a desaparecer. Os autores indicaram também que, em Portugal, mais de 50% deste tipo de emprego poderá vir a desaparecer na sequência de processos ligados à introdução de modelos de computorização.

Muitas das previsíveis transições até 2030 são já uma realidade e transcendem o sector industrial. Profissões como médicos, advogados, professores enfrentam uma crescente concorrência de processos de digitalização. Num estudo recente, Lapão (2016) prevê que a introdução de novas tecnologias poderá ter efeitos diferenciados nas necessidades e qualificações dos profissionais da saúde:

- a introdução de tecnologias relacionadas com Tele-Trauma irão requerer 1 ou 2 médicos, necessitarão de mais qualificações relacionadas com o equipamento e terão um impacto negativo nesta força de trabalho;
- a introdução de Tele-Hemodiálise necessitará de 1 médico, não deverá requerer mais qualificações e espera-se que conduzirá a uma significativa redução da necessidade destes profissionais;
- a cirurgia robótica necessitará de 2 médicos, mais qualificações relacionadas com estes equipamentos e irá requerer mais força de trabalho;
- a telemedicina de emergência irá requerer mais enfermeiras e médicos com maior formação em emergência e irá ter um impacto positivo nestas profissões.

Tal como no passado, a inovação tecnológica poderá levar à eliminação de muitos trabalhos e empregos, mas criará condições para novas realidades e oportunidades. Operadores de máquinas industriais, profissionais focados na recolha e processamento de dados, administradores de escritório, trabalhadores de cadeiras de restauração são exemplos apontados como trabalhos a desaparecer. Ao invés, mão-de-obra muito especializada, trabalhos manuais em ambientes pouco previsíveis, como jardineiros, canalizadores, profissionais que cuidam de idosos e crianças são os trabalhos com menos risco de desaparecer. Muitas das profissões atuais não desaparecerão, mas mudarão. Mudarão as ferramentas e os processos utilizados.

Adicionalmente, não deve ser menosprezado que as diferenças estão a aumentar. As diferenças entre indivíduos, entre organizações e entre países que têm capacidade de aproveitar a digitalização e transformá-las em inovação, aumento da produtividade e maior qualidade de vida para os indivíduos e clientes, e os que não têm essa capacidade. Importa, pois, uma adaptação ao mundo da “informação abundante”, às transformações comportamentais e incorporação de tecnologias no trabalho, criando novos modelos de trabalho, promovendo formação e qualificação, tecnológica e científica, mas também no campo da ética social e ambiental. Importa criar condições para minorar as diferenças sociais, potenciar as pessoas que se encontram em situação vulnerável. Apostar mais em educação, investigação e inovação. A digitalização será uma oportunidade para escalar o conhecimento humano com muito maior amplitude do que a prensa de Gutenberg.

Objetivos estratégicos:

- Adaptação ao mundo da “Informação Abundante”, às transformações comportamentais e incorporação de tecnologias no trabalho. Promover formação para a ética social e ambiental das consequências da tecnologia ao longo do sistema de ensino formal, nomeadamente na consciencialização para com as consequências e perigos da utilização tecnológica.
- Mapear as ocupações ou atividades profissionais e criar conhecimento a partir deste mapeamento que oriente a oferta e procura de educação e formação, de modo a garantir a disponibilidade de qualificações e competências. Promover a qualificação de pessoas aptas a criar valor económico e social.
- Inovar na reconfiguração da regulação do mercado de trabalho e garantir um mercado de trabalho sustentável e inclusivo. Desenvolver novos modelos de trabalho. Promover políticas de retenção de talentos.
- Inovar a forma de gestão de recursos humanos à luz da era da computadorização, incluindo modelos de avaliação de desempenho assertivos e adaptados ao sistema social e cultural Português.

4.2.2 – Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

A nível de Investigação:

A investigação científica tem procurado cobrir as múltiplas dimensões relacionadas com as implicações dos desenvolvimentos tecnológicos no trabalho, emprego, qualificações e competências. Estudos disponíveis apontam para uma significativa destruição de emprego, sugerindo, alguns deles, de forma controversa que cerca de metade dos indivíduos empregados poderão ser substituídos por máquinas. São exemplo disso, a computadorização de tarefas cognitivas não rotineiras nos domínios do tratamento de grandes bases de dados na justiça, saúde, serviços financeiros. A isto acresce a tecnologia sensorial que inclui setores dos transportes, da água, cuidados intensivos de saúde, destruindo certo tipo de emprego e exigindo (poucos) trabalhadores altamente qualificados. No conjunto, assiste-se uma crescente destruição de atividades que envolvem tarefas manuais e cognitivas que garantem um serviço de maior qualidade e em menor espaço de tempo.

Todavia, o risco de automação depende da estrutura económica e profissional característica de cada país e como tal os impactos poderão ser diferenciados ao nível nacional. Infelizmente, os estudos existentes nos últimos dez anos sobre a realidade portuguesa são escassos, com raras exceções e, muitas vezes, limitados à discussão pública mais do que científica. A escassez de estudos sobre esta temática parece estar relacionada com a inexistência de mecanismos de apoio à investigação interdisciplinar em Portugal, ao contrário do que acontece noutros países e a nível europeu.

A nível de Inovação:

Os diferentes sistemas de ensino e as políticas laborais têm sido os principais catalisadores dos desenvolvimentos tecnológicos na qualificação de pessoas, competências e fatores de empregabilidade. O desenvolvimento tecnológico tem implicado mudanças no mundo do trabalho, nomeadamente nas condições de trabalho, nas estruturas representativas e nas formas de diálogo social tradicional.

O ensino, aos vários níveis, mas em especial o superior, tem vindo a adotar plataformas digitais de apoio complementar às atividades em sala de aula, sistemas de *eLearning*, na maior parte dos casos com o software *Moodle*. Ao nível da formação informal oferecida, tem-se verificado, em especial a nível internacional, uma proliferação de plataformas de ensino e formação online – cursos online abertos e massivos (*Massive Open Online Course (MOOC)*) – como é o caso da *Coursera*, da *Babbel*, entre muitos outros, criando inclusivamente concorrência às instituições de formação tradicionais.

Diferentes iniciativas de promoção de ciência com e para a sociedade devem também ser referenciadas como ações com contributos positivos para os desenvolvimentos tecnológicos do passado recente. Centros de Ciência Viva, Clubes de Programação e Robótica no Ensino Secundário, *Makerspaces*, associativismo científico, entre muitas outras iniciativas, têm levado mais jovens a ter contacto com a ciência e a tecnologia, assim como com profissionais que servem de exemplos de modelos de imitação.

No que diz respeito à evolução da legislação laboral nos últimos dez anos, verifica-se uma variação de condições ao longo deste período. Em 2009, ainda com a economia a apresentar algum equilíbrio, o banco de horas por acordo coletivo é introduzido na lei, o número de dias de faltas justificadas para assistência à família aumenta, o período experimental de trabalho aumenta, o prazo máximo dos contratos a termo diminui, o trabalho extraordinário dá direito a descanso compensatório e retribuição horária a dobrar aos fins de semana ou feriados. A licença de maternidade, passa a chamar-se de parentalidade e pode ser partilhada entre mãe e pai e chegar aos 150 dias pagos a 100% ou aos 180 pagos a 83%. De 2010 à atualidade há um reajuste muito influenciado pelo resgate económico vivido. A prestação do subsídio de desemprego baixa, assim como, posteriormente, a sua duração. As indemnizações por despedimento são reduzidas, o pagamento de horas extraordinárias é reduzido, o banco de horas por contrato individual é introduzido, são suprimidos os dias de férias extra por assiduidade e são suspensas as reformas antecipadas. Nos últimos dois anos verificou-se a revogação de algumas destas medidas, mas continua a haver uma discussão política acerca da flexibilização das relações laborais.

Não pode também ser descurada a emigração de Portugueses, assim como a imigração de cidadãos estrangeiros para Portugal. Verificou-se nos últimos anos um aumento do número de emigrantes, em especial de trabalhadores especializados (*fuga de cérebros*). No que respeita a imigração, o número tem decaído nos últimos anos. De referir que Portugal foi o país da OCDE que mais melhorou o desempenho dos alunos imigrantes na última década e onde mais se reduziu a distância entre os resultados dos imigrantes e dos alunos nacionais.

4.2.3 – As questões chave para uma agenda de investigação e oportunidades de Inovação

Focos de investigação:

As questões de investigação devem ter em conta as potencialidades, os desafios e as ameaças dos desenvolvimentos tecnológicos.

Quais os empregos já destruídos (ou que irão ser destruídos) pela inovação tecnológica? Quais as tarefas e categorias da população que serão atingidas? Empregos de nível intermédio e tarefas e atividades rotineiras tendem a ser substituídos pela nova geração da robótica, da automação e da

inteligência artificial que colocam desafios ao nível da gestão do desemprego, da exclusão profissional e social, e da transferibilidade de competências. Assim, surge uma aposta intensiva na formação que antecipe/responda às necessidades emergentes em geral, e às exigências particulares de setores que venham a ser mais atingidos pelos próximos surtos de desemprego tecnológico. As novas gerações com formação e forte conhecimento técnico em áreas informáticas tendem a ganhar espaço em detrimento dos trabalhadores mais velhos e com escassa formação. A manutenção de trabalhadores em idade ativa pressupõe o reconhecimento das suas competências e a sua transferibilidade para setores/atividades emergentes. Todavia, é absolutamente importante autonomizar os impactos da tecnologia e de outros fatores na evolução do emprego.

Quais serão os empregos criados? As novas competências e ocupações profissionais requerem uma forte componente em conhecimentos informáticos e competências cognitivas, mas igualmente competências comportamentais que facilitem a interação e o trabalho em equipa. Os novos empregos têm igualmente implicações a outros níveis, especialmente ao nível da regulação. A crescente individualização e as novas modalidades de *free lancer* requerem do Estado iniciativas de defesa dos direitos e de garantas do associativismo e democracia laboral. Importa ainda que o património de sociabilidades no trabalho e pelo trabalho não se perca, pelo que é necessário estabelecer pontes de diálogo e transmissão de conhecimentos intergerações. Para tal é necessário explorar as opções das empresas relativamente aos recursos humanos.

Quais as preferências individuais relativamente ao trabalho? As relações de trabalho baseadas no ‘não-emprego’ podem ser uma opção ou uma resposta involuntária devido à falta de alternativas. As opções estão relacionadas com fatores de natureza social, educacional e económica e implicam uma diversidade de abordagens por parte dos atores públicos e privados.

As questões levantadas e as características da estrutura produtiva e da população portuguesa sugerem as **seguintes temáticas gerais de investigação**:

- Conceito de mercado de trabalho e emprego para melhor acomodar as mudanças;
- Diagnóstico e prospetiva do parque tecnológico do país;
- Grau de suscetibilidade dos empregos e qualificações à computadorização, a curto, médio e longo prazo;
- Desemprego tecnológico;
- Polarização do mercado de trabalho;
- Emergência de novas atividades e novos empregos associados à introdução de processos computadorizados, a curto, médio e longo prazo;
- Interação homem-máquina e as consequências nas qualificações, competências e empregabilidade (e.g. Telemedicina, Manutenção simplificada através da Realidade Aumentada);
- Opções da gestão dos recursos humanos por parte da empresa;
- Perceção individual sobre as novas formas de trabalho e emprego e sobre a precariedade;
- Desajustamento de qualificações e competências;
- Oferta formativa de nível intermédio e superior;
- Envolvimento dos atores sociais no desenho da oferta de educação e formação.

As questões implicam ainda temáticas específicas e setoriais de investigação:

- Novas atividades e profissões

Novos modelos sociotécnicos e organizacionais em rede tendem a conjugar-se com sistemas de negócio sustentáveis do ponto de vista ambiental, porventura reunindo modernidade tecnológica com modalidades tradicionais de produção (no artesanato, na agricultura de regadio, na permacultura, etc.)

- *Agricultura*: Implementação de modalidades de economia local centradas no respeito pelos recursos ambientais pela “economia verde”, um setor que carece de incentivos por forma a fixar os jovens no interior e a recuperar o imenso potencial do país neste setor, o que exige das instituições uma forte aposta formativa;
- *Serviços e cuidados de saúde*: um setor em crescendo dado o ritmo de envelhecimento da população, e onde as tecnologias de comunicacionais e de vigilância (Internet das coisas) terão um papel decisivo no futuro;
- *Vigilância e segurança urbana*: as áreas da segurança urbana, nomeadamente num contexto global com tantas ameaças são domínios a requerer uma crescente incorporação de equipamentos de vigilância e técnicos preparados para a sua manutenção e manuseamento;
- *Transportes públicos e veículos elétricos*;
- *Economia do mar*.

- Novos modelos de empreendedorismo e associativismo:

- o Redes e associações de estímulo à colaboração entre jovens e seniores e entre microempresas ou empreendedores individuais;
- o Renovação do campo sindical, com o surgimento de novas formas organizativas de combate à precariedade e na defesa de um direito laboral ajustado aos novos desafios tecnológicos e sociais;
- o *Outros. ...*

Oportunidades de Inovação:

Elencados os desafios e objetivos da agenda de inovação, assim como os principais desenvolvimentos ocorridos em Portugal na qualificação de pessoas, competências e fatores de empregabilidade, importa de seguida enumerar propostas que consubstanciem a agenda de inovação, propondo a introdução de metodologias, processos e ferramentas. Importa **desenvolver o corpo de conhecimento existente sobre o mercado laboral Português e o impacto da robotização, automação e AI, assim como sobre a influência da digitalização no trabalho.**

Uma agenda de inovação deve promover o desenvolvimento de projetos de investigação interdisciplinares de criação de um corpo de conhecimento sobre a robotização e o emprego, financiados pela FCT e/ou Agência de Inovação, assim como projetos de investigação interdisciplinares de criação de atividades de formação e qualificação dos trabalhadores face à introdução de robotização e de Inteligência Artificial. Estes projetos deverão ser financiados pela FCT e/ou Agência de Inovação, e poderão contar com o apoio dos Ministérios da Educação, Ensino Superior e Emprego.

Tais projetos devem permitir ultrapassar os problemas de formação profissional, de trabalhadores especializados, disponibilidade de mão-de-obra para funções tecnológicas. É fundamental inovar de modo ultrapassar os problemas de falta de profissionais no sector da metalurgia e metalomecânica, no sector têxtil e em muitos outros sectores onde precisamos de mão de obra especializada.

De igual modo, importa **promover a inovação no sistema de ensino tradicional, promovendo projetos de *gamification, experiential learning, skills based approaches, problem-based learning, social networking e social learning, e augmented reality, assim como o desenvolvimento de um sistema integrado de ensino à distância e e-learning.***

Importa promover a preparação de procedimentos e metodologias de formação profissional e inovação profissional dos trabalhadores nas novas áreas da robótica, AI e automação, assim como estimular empresas a desenvolver mecanismos de formação profissional relacionados com tecnologias Indústria 4.0.

A criação de uma instituição dedicada à investigação sobre interação entre a robotização, AI e automação e as qualificações, competências e fatores de empregabilidade poderá gerar mais-valias inovadoras. Esta instituição deverá observar as tendências de requisitos de competências para a empregabilidade. A observação poderá ser feita por um painel diversificado de peritos, especialistas de ministérios e empresas de alta intensidade tecnológica. A instituição deverá investigar e antecipar a problemática do "*mismatch of skills*" no mercado laboral Português. A instituição deverá ser financiada pela FCT, e deverá contar com o apoio dos Ministérios da Educação, Ensino Superior, Emprego e Formação Profissional.

De igual modo, a elaboração de um Portugal Work 4.0 que acompanhe o desenvolvimento de tendências tecnológicas na economia com uma visão sobre o trabalho, emprego e formação profissional e se dedique à qualificação, competências e fatores de empregabilidade críticos para acompanhar tendências tecnológicas relevantes para a economia nacional (Indústria 4.0, entre outros).

No processo de inovação, não deve ser igualmente descurada a procura de formas de colocar em prática legislação laboral sustentável e que estimule e dê segurança às gerações jovens. Por último, importa desenvolver uma linha de investigação aprofundada sobre o sistema de relações industriais e o desenvolvimento tecnológico. Esta linha deverá aprofundar estratégias de negociação laboral, segurança, legislação laboral e organização no trabalho que apoiem diferenciadamente empresas com alta, média e baixa intensidade tecnológica perante vários cenários de introdução de tecnologia.

4.2.4 – Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

Do diagnóstico que realizado é possível concluir que:

- No geral, a literatura é escassa;
- Não existem praticamente estudos sobre a realidade portuguesa;
- Existe uma discrepância significativa entre as qualificações existentes e as necessidades do mercado de trabalho em Portugal (OECD Jobs for Skills 2017, 93);
- Estudos mais antigos revelaram que um dos problemas reside na inexistência de um sistema de qualificações intermédias em Portugal (INOFOR, OEFP, etc); e

- O país está numa situação particularmente perigosa relativamente à computorização da economia (Moniz and Krings 2016).

Fatores críticos em termos científicos apontam para a investigação fundamental e aplicada que permita rever os conceitos e quadros teóricos de referência, assim como produzir evidência empírica sobre a realidade nacional e comparada. Para tal, é preciso:

- Estimular a investigação interdisciplinar através da criação de linhas de investigação que gerem um corpo de conhecimentos sistemático sobre o impacto da robotização e outros processos de automação e inteligência artificial nas qualificações, competências e fatores de empregabilidade individual em Portugal e em comparação com outros países europeus e não-europeus, especialmente os diretos competidores. O conhecimento científico e tecnológico não pode, além disso, separar-se do conhecimento e dos saberes das ciências humanas e sociais, antes devem ser orientados para uma aposta crescente na interdisciplinaridade.
- Criar as condições para o estabelecimento de atividades sistemáticas de monitorização do impacto da robotização/computorização no mercado de trabalho (e.g. inquérito às atitudes dos gestores perante a robotização e automação nas empresas, criação de indicadores de compra/venda de robôs, máquinas e software crítico para empregabilidade, indicadores de formação tecnológica na força de trabalho, grupo de análise sobre a robotização e automação nas empresas e estado, etc). Este tipo de exercício implica a construção de uma infra-estrutura e de um corpo de cientistas das áreas técnicas e sociais.
- Criar uma rede nacional de investigação interdisciplinar, financiada pelo Ministério, e que associe diferentes centros¹⁵ com interesse na temática.
- Desenvolver ligações a centros de produção de conhecimento internacionais nesta área¹⁶.

Há ainda fatores críticos de âmbito social e económico, os quais implicam:

- Retomar a centralidade do social. A primazia do economicismo e a hegemonia do mercado em desfavor da sociedade levaram as instituições democráticas a menosprezar a felicidade dos cidadãos e a necessidade de garantir uma coesão social forte e equilibrada. O sistema democrático do futuro terá de conjugar o crescimento sustentável com os direitos de cidadania e a coesão do sistema. O trabalho assalariado desempenhou também essa função de ligação entre o indivíduo e a sociedade, pelo que, um cenário de redução drástica do emprego permanente, da emergência de relações de ‘não-emprego’, e de metamorfose do tecido empresarial exige do Estado de direito um papel preventivo que assegure a coesão e o bem-estar, nomeadamente àquelas camadas que já não têm condições de, por si só, acompanhar a dinâmica da inovação tecnológica.
- Repensar as implicações da precarização do emprego. O mundo em rede e a precarização de relações laborais tornam a vida mais imprevisível e o sentimento de insegurança torna-se uma enorme ameaça. Assim, a redução drástica do trabalho braçal pode levar a novas rebeliões sociais se a crescente presença de novas tecnologias e da robótica se traduzirem no empobrecimento e exclusão dos setores tradicionalmente mais vulneráveis e dos novos setores vulneráveis. A sociedade irá ter de redefinir conceções de emprego, mas para evitar o pior é decisivo que tal redefinição assegure aos cidadãos o sentido de proteção que o Estado

¹⁵ Por exemplo, CICS.NOVA, DINÂMIA-CET, CES-UC, Uninova, ISR, ISEP, UA, etc

¹⁶ Por exemplo, CEDEFOP, KIT, ILO, European Agency for Safety & Health at Work, iLabour – Oxford University etc

providência lhes ofereceu na vigência do regime fordista. Neste sentido, as empresas e a sua forma de gerir recursos humanos ganha particular relevância.

Para minimizar os riscos da inovação tecnológica, o sistema de educação e formação deve ser equacionado no sentido de:

- Reduzir o desajustamento entre qualificações e competências existentes e as necessidades imediatas e futuras do mercado de trabalho em Portugal (OECD Jobs for Skills 2017, 93).
- Preparar os jovens para a nova realidade. Os défices de qualificações e competências dos jovens, especialmente graduados em competências TIC e outras de natureza cognitiva e comportamental implicam interação entre universidade e empresa, visando a criação de cursos avançados especializados e investigação conjunta. A orientação profissionalizante das universidades é igualmente uma questão que merece discussão e investigação.

De entre as propostas que possam consubstanciar a dimensão de inovação, é fundamental apontar fatores críticos para um impacto positivo na qualificação de pessoas, competências e fatores de empregabilidade.

Importa consciencializar que o investimento em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM) é um investimento na economia, pelo que é crucial o aumento do investimento, público e especialmente privado, em formação, investigação & desenvolvimento, de modo a convergir com os compromissos assumidos junto da OCDE até 2030 e obter o retorno positivo na qualificação de pessoas, competências e fatores de empregabilidade.

É de grande importância a criação de sinergias entre o sistema de ensino, o meio empresarial e parceiros sociais e governos, de modo a combinar o mercado de trabalho ativo com um aumento do investimento na educação formal, na educação vocacional, na educação tecnológica e na educação ao longo da vida, e um alinhamento do ensino com as necessidades reais do mercado de trabalho, assim como de políticas demográficas. Qualquer indivíduo deve sentir-se compelido a apreender, independente da sua idade. É fundamental a existência de medidas que formem cidadãos com competências técnico-científicas profundas, mas também com competências transversais, alinhadas com a Agenda Europeia para as novas competências e aptidões, desde tenra idade, e que maximize o capital humano do mercado de trabalho, levando ao aumento da empregabilidade e competitividade, assim como ao estímulo do crescimento económico. A promoção da capacidade empreendedora é também importante, quer para a criação de novas empresas quer para o estímulo de um espírito inovador no local de trabalho.

Adicionalmente, a promoção de uma melhor integração de doutorados em instituições e empresas, ultrapassando um dos problemas detetados pela OCDE (o baixo número de doutoramentos em empresa que atualmente são desenvolvidos no país), promoverá certamente uma alteração de paradigma de inovação no setor económico nacional.

Finalmente é importante que o sistema de relações industriais seja objeto de estudo aprofundado em vários contextos de introdução de novas tecnologias nas empresas. Importa promover o desenvolvimento de linhas de investigação que possibilitem este estudo em cenários de acelerado desenvolvimento tecnológico e rápida introdução de tecnologia em sectores de alta, média e baixa

intensidade tecnológica, para que se encontrem estratégias de desenvolvimento de negociação coletiva, legislação laboral e organização no trabalho face aos desafios que resultam da introdução da robótica, inteligência artificial e automação.

4.3: Desenvolvimento da Robotização e da Inteligência Artificial como fonte de Desafios e Oportunidades para a Sociedade

4.3.1 – Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Na vertente Investigação:

O aumento expectável da robotização, combinado com ambientes tecnológicos fortemente interconectados e dotados de características de crescente autonomia e inteligência, colocam naturalmente fortes desafios às estruturas socio-organizacionais e económicas. Mas esta tendência abre também novas oportunidades para a definição de novas ocupações profissionais que valorizem o papel do humano e criem melhores condições de vida. Estas transformações deverão ocorrer num contexto em que Portugal necessita ajustar-se a outros grandes vetores de mudança, incluindo:

- acentuada transformação demográfica, refletida num elevado envelhecimento médio da população, com desmantelamento da tradicional “pirâmide demográfica”;
- aumento de eventos disruptivos (eventos X na literatura), quer devidos a desastres naturais, quer causados pelo homem (crises económicas, terrorismo e ciber-ataques, xenofobias, aumento de desníveis sociais, efeitos de uma globalização desregulada, etc.);
- crescente dependência de sistemas tecnológicos complexos, frequentemente mal compreendidos e logo difíceis de controlar e sujeitos a fortes vulnerabilidades.

Neste contexto, um esforço de adaptação (perspetiva defensiva) não parece suficiente, importando antes prosseguir uma abordagem pró-ativa, visando a identificação e exploração de novas oportunidades de qualificação de emprego, numa ótica de promoção da paz e qualidade de vida. Tal estratégia sugere os seguintes grandes objetivos para este subtema:

- Recriação de profissões em sectores tradicionais. Vários sectores (ex. agricultura e pescas) têm sofrido uma acentuada perda de interesse por parte das novas gerações, mesmo quando oferecem oportunidades de emprego. Tal deve-se à dureza das atividades tradicionais nesses setores e ao baixo prestígio social que lhes é associado. A introdução de robotização e sistemas inteligentes nessas áreas permitirá recriar a natureza das funções a desempenhar pelos humanos, agora mais focadas no planeamento, criatividade (novos produtos), gestão e participação em cadeias de valor. Isto requer outros níveis de qualificação e conduz a um natural aumento de prestígio social.
- Estabelecimento de novas profissões e funções. A robótica e sua integração com sistemas inteligentes em rede permitirá o aparecimento de novas profissões ou uma considerável extensão das capacidades do humano (a nível sensorial, de atuação e telepresença) em áreas como apoio ao envelhecimento ativo, segurança, entretenimento, educação e treino. Importa também aproveitar tais avanços tecnológicos para compensar o natural declínio de capacidades

que vem com o envelhecimento, permitindo uma melhor integração em atividades sócio-económicas dos idosos e pessoas com necessidades especiais.

- Fomento de novos modelos de colaboração inter-geracional. O atual e previsível panorama demográfico requer novas abordagens para um efetivo diálogo e colaboração inter-geracional. A robotização, nomeadamente a nível de robótica de serviços e extensão às capacidades sensoriais e de atuação dos humanos, deve ser aproveitada como um catalisador para a cooperação entre diferentes faixas etárias. Complementarmente, a inteligência artificial e a crescente hiperconectividade da sociedade, interligando organizações, pessoas e objetos do mundo físico (Internet das Coisas / Sistemas Ciber-Físicos) podem potenciar novos modelos de negócio em rede, onde importa encontrar adequados modelos de integração inter-geracional.
- Potenciação de colaboração entre humanos e sistemas inteligentes. A colaboração humano-máquina (ex. desenvolvimentos em robótica colaborativa) e humano-sistemas informáticos, nomeadamente explorando novas formas de interface, modelos computacionais de emoções, etc., deve levar a uma redefinição de funções. Tal deverá permitir não só um melhor aproveitamento das capacidades cognitivas, criativas e emocionais dos humanos, como também uma melhoria da sua realização profissional. Ainda nesta área das interfaces entre humanos e sistemas há que explorar as potencialidades da língua portuguesa e o mercado da CPLP.

Para além destes grandes temas, é fundamental fomentar desenvolvimentos técnico-científicos “horizontais” do ponto de vista disciplinar em vários domínios da robótica e inteligência artificial de modo a tornar possível a sua efetiva utilização como instrumentos de promoção da paz e qualidade de vida.

Na vertente Inovação:

Numa perspetiva de inovação (nas suas diversas vertentes, incluindo a inovação social), suscitam para a sociedade. Trata-se fundamentalmente de suscitar a reflexão sobre o tema, abrindo pistas para identificar como a inovação mais baseada no recurso à robotização e à IA pode criar desafios, mas também oportunidades para o desenvolvimento do emprego e de novas formas de trabalho envolvendo a colaboração entre humanos e *robots*. Um aspeto relevante prende-se com as implicações, agora numa ótica de inovação, dos objetivos mencionados no Capítulo 4.3, relativo ao subtema 3 desta Agenda. O texto que se segue beneficiou também da análise desenvolvida no âmbito da Agenda ‘Robótica industrial e sistemas inteligentes de manufatura’ incluindo as considerações sobre ‘redes colaborativas e a produção industrial centrada no ser humano’. Foram ainda contemplados outros trabalhos com reflexos importantes sobre a política de inovação, designadamente o Indústria 4.0 e a Iniciativa para as Competências Digitais (INCoDe.2030).

Os efeitos da robotização sobre o trabalho e sobre o padrão dos processos de inovação, nas suas diferentes vertentes, são ainda incertos. A inovação induzida pela robotização e pela IA terá certamente efeitos relevantes sobre o trabalho e o emprego. Parece-nos ser especialmente relevante refletir sobre as oportunidades de inovação abertas por uma lógica colaborativa e de produção industrial baseada no ser humano. Importa ter em conta os vetores de mudança identificados no Capítulo anterior (acentuada transformação demográfica, aumento de eventos disruptivos e crescente dependência de sistemas tecnológicos complexos).

Para além disso, será essencial analisar como poderão a robotização e a AI influenciar as várias vertentes da inovação: inovação de produto, inovação de processo, inovação comercial, inovação organizacional, inovação de modelo de negócio e inovação social. Por exemplo, ao nível da inovação de produto, a robótica e a IA poderão acelerar fortemente a experimentação e o teste de diferentes abordagens, permitindo reduzir consideravelmente a duração dos processos de desenvolvimento de produtos e testar previamente cenários de aplicação. Mas a evolução da robótica e da IA pode ser um dinamizador de iniciativas inovadoras em muitos outros planos como veremos mais em detalhe no ponto 4.3.3 *infra*. Por outro lado, é também essencial considerar que novos desafios de investigação nas áreas de IA e robótica irão permitir uma maior integração e interdependência entre trabalhadores humanos e máquinas, no sentido de promover novos tipos de emprego.

Um aspeto central a ter em conta na identificação de objetivos e desafios para 2030 é a análise do que pode ser feito nos planos nacional, europeu e internacional. Tal identificação terá de partir do princípio de que a margem de que Portugal dispõe para influenciar a inovação sobre trabalho, robotização e qualificação do emprego à escala internacional é muito limitada. De facto, não tendo o nosso País grandes unidades produtoras e utilizadoras de *robots*, muita da inovação que poderemos esperar neste campo irá corresponder à introdução de ajustamentos e de adaptações em produtos de *hardware* e de *software* desenvolvidos em outros contextos. Por outras palavras, a maioria das soluções serão importadas. Existem, no entanto, possibilidades de influenciar agendas europeias e de desenvolver iniciativas de política, a nível nacional, que permitam atenuar os efeitos negativos e/ou estimular os potenciais efeitos positivos, de modo a que a crescente adoção da robótica e da IA possa ter efeitos positivos em termos de emprego e de competitividade internacional do País.

Em termos sintéticos, os objetivos da dimensão inovação podem ser alinhados ao longo dos seguintes eixos:

- Desenvolvimento de processos de produção industrial centrada no Ser Humano, promovendo a colaboração entre humanos e *robots*;
- Exploração das oportunidades de inovação induzidas pela utilização crescente da robótica e da IA, utilizando estas como instrumentos para assegurar maior eficiência e eficácia nas iniciativas inovadoras, tanto a nível económico como social;
- Promoção de iniciativas de experimentação de novos modelos de trabalho, envolvendo formas inovadoras de articulação entre o trabalho humano e a utilização da robótica e da IA; este objetivo pode ser conjugado com as políticas de promoção da Indústria 4.0, entendida em sentido lato (i.e. incluindo aplicações em outras áreas de atividade);
- Promoção de novos modelos de gestão industrial e de serviços bem como de modelos de negócio com recurso à robótica e à AI, suscetíveis de estimular a criação de emprego qualificado no nosso país;
- Lançamento de iniciativas empresariais inovadoras, explorando as possibilidades de estabelecimento de novas profissões e funções e/ou da recriação de profissões em sectores tradicionais, através da utilização das possibilidades oferecidas pela utilização da robótica e da IA;
- Posicionar Portugal como país líder na experimentação de novas formas de produção centrada no Ser Humano e de colaboração humano-robô em ambiente empresarial; este objetivo está alinhado com a ideia da 'Zona Livre Tecnológica' referida no *Programa Startup Portugal*, a qual pretende posicionar o nosso País como pioneiro no estabelecimento de regulamentação visando criar condições favoráveis à investigação, teste e produção de tecnologias de ponta;

- Posicionar Portugal como local atrativo para o estabelecimento de projetos de investimento internacional, criadores de emprego qualificado, visando a aplicação de novos processos industriais e de gestão assentes na utilização da robótica e da IA como potenciadores da criatividade humana;
- Estímulo de novas iniciativas empreendedoras, de elevada intensidade cognitiva, visando a exploração económica de formas inovadoras de aplicação socialmente responsável das oportunidades criadas pela robótica e pela IA, incluindo a exploração das potencialidades da língua portuguesa para mediação das relações entre humanos e robots;
- Promoção de iniciativas para o desenvolvimento de novas técnicas de IA e robótica que suportem a articulação entre os humanos e os robôs; e
- Desenvolvimento de ações de formação profissional no sentido de transmitir os conhecimentos básicos necessários para trabalhar e acrescentar valor num quadro operacional caracterizado por crescente robotização e utilização de IA.

4.3.2 – Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

A nível de Investigação

Passada uma fase muito focada em ambientes estruturados, típicos de contextos de aplicações industriais tradicionais, a investigação em robótica tem-se orientado progressivamente para ambientes não estruturados. Progresso em robótica cognitiva, novos materiais (robôs macios), robôs móveis (em vários ambientes), redes sensoriais inteligentes, capacidade de análise de grandes volumes de dados (*big data*), novos algoritmos de aprendizagem para contextos de abundância de dados, etc., têm levado a uma extensão da robótica inteligente para domínios como serviços, agricultura, exploração marítima, vigilância, apoio a idosos, entretenimento, etc.

A integração de sistemas ciber-físicos / Internet das Coisas, desenvolvimentos em interfaces naturais e computação afetiva, bem assim como modelos colaborativos em rede, inteligência coletiva, tomada de decisão distribuída / em rede, jogos, etc., estendem o escopo de aplicação bem assim com o âmbito espacial de atuação.

Em Portugal existem vários centros de competência nestas áreas¹⁷. Estes têm apresentado contributos significativos no desenvolvimento de novas interfaces homem-robô, robótica móvel terrestre (ambientes interiores e exteriores), aérea e aquática (incluindo veículos de superfície e submarinos, em rios e ambientes marinhos), sistemas de robôs e outros dispositivos em rede, bem como integração de sistemas robóticos em processos tecnológicos avançados e sistemas de gestão industrial. Alguns centros de investigação têm apresentado contributos significativos nos sistemas ciber-físicos, internet das coisas, sistemas reconfiguráveis e evolutivos, e redes colaborativas.

A nível de Inovação:

Tal como se referiu para a investigação, também no caso da inovação a aplicação de robots tem vindo a passar de ambientes estruturados, com separação física entre humanos e robôs, para ambientes menos estruturados, com interação entre humanos e robots a par da crescente utilização de *robots* móveis

¹⁷ Por exemplo, a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e INESC TEC, a Universidade de Aveiro (DEM-IEETA), a Universidade de Coimbra (CoRLuc e ISR), o Instituto Superior Técnico (LAETA e ISR), a Universidade do Minho (ALGORITMI), o ISEP

(incluindo *autoguided vehicles* –AGV) e cognitivamente mais evoluídos. Por exemplo, na AutoEuropa são hoje utilizados robots em interação com humanos (os chamados robots amigáveis ou colaborativos) e boa parte da movimentação de peças e componentes dentro da fábrica é efetuada por AGV. Também em outros domínios, desde a agricultura aos serviços, a utilização de *robots* e da IA tem conhecido avanços significativos. Na agricultura, certos trabalhos mais exigentes em esforço físico têm vindo a ser cada vez mais realizados por *robots*, da mesma forma que a IA tem sido aplicada na chamada agricultura de precisão, envolvendo designadamente a microzonagem de terrenos e a afetação destes a diferentes aplicações em função das características geofísicas e climáticas. No caso dos serviços, os seguros parecem ser uma das áreas de eleição. A literatura sobre o tema indica que o processo de análise de sinistros pode ser tornado muito mais rápido pela utilização de IA, permitindo aos colaboradores focar-se na relação com os segurados e estabelecer uma relação mais próxima com os clientes. O mesmo sucede em várias atividades no sistema bancário, na saúde, no jornalismo (onde muitas notícias básicas podem ser escritas por robots) e nos gabinetes de advogados (onde a recolha básica da legislação relevante pode ser efetuada com reduzida intervenção humana).

A pesquisa efetuada com base em Chen (2016), que procede a uma revisão de 497 artigos sobre “*industrial information integration engineering*” (IIIA), permitiu identificar 22 artigos com participação de autores portugueses e/ou brasileiros. Todavia, tais artigos tendem a centrar-se em aspetos de natureza tecnológica, à gestão da cadeia de valor ou à aplicação a indústrias específicas, como a do gás. O trabalho da Deloitte *The digital enterprise: Europe and Portugal* apresenta uma perspetiva global do grau de digitalização de 29 países, colocando Portugal em 15ª lugar. Todavia, a abordagem é muito genérica, não focando especificamente a robotização. Infelizmente, não existe informação transversal e aprofundada sobre robótica e IA no tecido económico português, tanto no que respeita ao fabrico como à utilização de *robots*. A existência de tal informação seria fundamental para mobilizar atores relevantes e para ter uma visão mais correta sobre os desenvolvimentos e desafios da Agenda sobre trabalho, robotização e qualificação do emprego. Seria fundamental o Instituto Nacional de Estatística desencadear a breve trecho, isto é, em finais de 2018, uma operação de inquirição que permitisse traçar um perfil da produção e utilização de robótica e IA em Portugal.

Em Portugal existem vários centros de competência nestas áreas. Na área da robótica destacam-se a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e INESC TEC, a Universidade de Aveiro (DEM-IEETA), a Universidade de Coimbra (CoRLuc e ISR), e o Instituto Superior Técnico (LAETA e ISR). Estes centros têm apresentado contributos significativos no desenvolvimento de novas interfaces homem-robô, robótica móvel e submarina, bem como integração de sistemas robóticos em processos tecnológicos avançados e sistemas de gestão industrial. Na área de sistemas inteligentes e sistemas colaborativos em rede são de mencionar a Universidade Nova (UNINOVA/CTS), a Universidade do Minho (ALGORITMI), a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, o INESC TEC, o ISEP, etc.. Estes têm apresentado contributos significativos nos sistemas ciber-físicos, internet das coisas, sistemas reconfiguráveis e evolutivos, e redes colaborativas.

4.3.3 – As questões chave para uma agenda de investigação

Focos para Investigação;

a) *Recriação de profissões em sectores tradicionais*

Que modelos sócio-técnicos de desenvolvimento e integração de robótica e sistemas inteligentes, complementados com modelos organizacionais em rede colaborativa/ecossistemas de negócio, poderão potenciar a **recriação de profissões e novas funções em setores tradicionais**? Nesta questão incluem-se tópicos como:

- **Agricultura:** Otimização de recursos: agricultura de precisão, qualidade, sustentabilidade ambiental; “*Food tracing*”; Novos produtos; Novo reconhecimento social (face às novas funções) e estratégias de fixação de pessoas.
- **Exploração marítima:** Segurança de Pescadores; Sustentabilidade ambiental e proteção de recursos; Fixação e atração de pessoas para o sector (com novo reconhecimento social); Acesso a recursos marítimos (inacessíveis doutra forma); Aquacultura – novos ambientes de monitoração.
- **Turismo:** Na prestação de serviços rotineiros e não reconhecidos socialmente; em tarefas de vigilância.
- **Construção civil:** Colaboração humano-sistemas inteligentes na construção, manutenção de edifícios, gestão de edifícios e cidades inteligentes, etc.
- **Tarefas domésticas:** Desde a monitorização até à limpeza, transporte de objetos, apoio quando os habitantes têm deficiências motoras ou estão acamados, em rede com outros dispositivos domóticos.
- **Outros.**

b) Estabelecimento de novas profissões e funções

Como explorar e desenvolver **novas possibilidades tecnológicas para estender as capacidades do humano, abrindo oportunidade para novas formas de ocupação profissional**? Aqui incluem-se tópicos como:

- **Segurança:** Extensão de capacidades do humano nas atividades de segurança; Aspectos colaborativos H-M; Drones e segurança (ex. nas praias); Segurança da sociedade como um todo.
- **Vigilância do meio ambiente:** deteção de incêndios, poluição; deteção antecipada de desastres; vigilância, busca e salvamento em ambientes perigosos; vigilância de espaços exteriores (e.g., costa marítima, fronteiras) e interiores (edifícios de escritórios, centros comerciais fora das horas de operação, bancos).
- **Apoio ao envelhecimento ativo e assistência a idosos:** Personalização e extensão de capacidades do humano; Robôs de acompanhamento e qualidade de vida; Exoesqueletos
- **Apoio a crianças com necessidades especiais,** potenciando o desenvolvimento de novas terapias.
- **Entretenimento e artes:** Criação de novos ramos de negócio; Atração de jovens empreendedores.
- **Educação e Treino:** Democratizar e personalizar acesso a certas áreas de “formação”; levar educação e treino a pessoas com necessidades especiais / grupos vulneráveis.
- **Saúde:** diagnóstico e intervenção, apoio à reabilitação e auxílio/prestação de serviços médicos de forma remota e autónoma; Apoios a equipas humanas em ambientes hospitalares: libertando médicos e enfermeiras de tarefas rotineiras (por exemplo, transporte de alimentos e medicamentos); complementando o apoio humano em tarefas de acompanhamento (ensino, entretenimento, atividades diversas) a pacientes hospitalizados.

- *Outros.*

c) Promoção de novos modelos de colaboração entre humanos e sistemas inteligentes

Como explorar e desenvolver **novos modelos colaborativos**, contribuindo para a paz, sustentabilidade e qualidade de vida? Nesta vertente incluem-se tópicos como:

- Redes colaborativas inter-geracionais: sistemas inteligentes e robóticos como indutores da colaboração entre jovens e seniores; sistemas inteligentes como facilitadores da transferência de conhecimento entre gerações, modelos de empreendedorismo inter-geracional orientados para sistemas robóticos inteligentes.
- Redes colaborativas multinível: envolvendo organizações, pessoas, sistemas sensoriais, máquinas em processos colaborativos complexos; ambientes inteligentes; inteligência coletiva; colaboração em massa; emoções coletivas.
- Robótica colaborativa: modelos de distribuição de funções / responsabilidades humano-máquina; níveis de formação; personalização; adaptação e evolução de sistemas.
- Colaboração entre grupos diversificados: incluindo fomento da colaboração entre diferentes “grupos culturais”, grupos em conflito (mediação), fertilização cruzada entre indústrias, dando origem a novas oportunidades de negócio, etc.
- *Outros.*

d) Fomento de desenvolvimentos em robótica inteligente orientados para a paz

Que **novos desenvolvimentos técnicos** deverão suportar a robótica e inteligência artificial de forma a **contribuir para a paz, sustentabilidade e qualidade de vida**? Nesta questão incluem-se tópicos como:

- Técnicas gerais de IA: incluindo novas técnicas de aprendizagem em contextos “data-rich”, sistemas de diálogo, raciocínio e modelos cognitivos, jogos, etc.
- Incremento de autonomia: incluindo planeamento para mundo real, perceção sensorial avançada, sistemas com capacidade de auto-cura, etc.
- Interface Humano-Máquina: incluindo interfaces Humano-Robô, Humano-Agente inteligente, interfaces naturais, aspetos comportamentais, modelos de distribuição de tarefas e responsabilidades entre humano e máquina, etc.
- Linguagem natural: incluindo desenvolvimentos para o Português (robótica e IA adaptadas à língua e cultura portuguesa)
- *Outros.*

Perspetivas de Inovação:

Com base na reflexão efetuada acima é possível enunciar um conjunto de questões que podem sustentar uma agenda de inovação no domínio do ‘Trabalho, Robótica [e IA] e Qualificação do Emprego’. Não se pretende estabelecer uma lista exaustiva de questões mas sobretudo identificar um conjunto de temas que devem ser explorados no sentido de contribuir para que o crescente recurso à robótica e IA não tenha, em termos líquidos, um efeito negativo sobre o trabalho e o emprego, antes contribuindo

para ‘libertar’ os humanos de atividades repetitivas, permitindo usar as suas energias e capacidades específicas em atividades mais criativas e relacionais.

a) Promoção da interação entre humanos e robôs no quadro de lógicas antropocêntricas de produção industrial

Este tipo de iniciativas exige a **formação das pessoas no sentido de cooperar com robôs e orientar a atividade destes**. Admite-se que as competências necessárias para orientar a atividade de *robots* não sejam as mesmas que são tradicionalmente reconhecidas para a liderança de grupos humanos. Um aspeto importante é o reconhecimento das capacidades específicas da robótica e da IA no que respeita ao processamento de grandes quantidades de informação. Isso pode libertar os humanos para tarefas onde tenham, digamos, ‘vantagens comparativas’, designadamente aquelas que exijam intuição, criatividade e relacionamento interpessoal. Como é referido na Agenda sobre ‘Redes Colaborativas e produção industrial centrada no Ser Humano’, a promoção desta interação suscita questões ética e de segurança que deverão ser objeto de investigação.

b) Exploração das oportunidades de inovação induzidas pela utilização crescente da robótica e da IA

A questão central será **como usar os instrumentos associados à robótica e à IA como dinamizadores da inovação**. A consideração das diferentes dimensões é utilizada para proporcionar um quadro de reflexão:

- *Inovação de Produto*: Como usar a IA para criar variedade de modo a fornecer um leque mais amplo de possibilidades de inovação de produto (produtos inteligentes)? Como usar a IA para, com base em informação anterior, avaliar as possibilidades mais promissoras? Como criar condições para experimentar diferentes possibilidades? Como usar *robots* para testar *in-house* potenciais soluções evitando a interferência de humanos? Como utilizar a IA para promover abordagens de inovação aberta?

- *Inovação de Processo*: como reconfigurar os processos produtivos face ao crescente recurso à robótica e à IA? Como reconfigurar processos produtivos em quadros envolvendo *aprendizagem automática, processamento de linguagem natural* e agentes cognitivos não humanos? Como reconceber processos de trabalho em ambientes de interação homem-máquina? Como redefinir fluxos de trabalho em ambientes parcialmente robotizados? Como adaptar processos face à gradual integração de robots na execução de tarefas?

- *Inovação Comercial*: Como utilizar a IA para identificar padrões de comportamento de clientes? Quais as possibilidades de usar a IA para promover abordagens *one-to-one marketing*? Como utilizar a robótica e a IA no sentido de libertar os colaboradores para atividades de desenvolvimento de marketing relacional? Como utilizar a IA para o desenvolvimento de soluções adaptáveis (por exemplo, *apps* minimizando a ingestão de medicamentos?)

- *Inovação Organizacional*: Como responder aos desafios organizacionais suscitados pela coexistência e interação entre humanos e *robots*? Como definir cadeias hierárquicas em ambientes robotizados? Como criar condições organizacionais para uma colaboração profícua entre humanos e *robots*? Como estabelecer fronteiras de responsabilidade para robots com capacidades cognitivas cada vez maiores? Como gerir cadeias de valor inter-organizacionais?

- *Inovação nos Modelos de Negócio*: Como conceber novos modelos de negócio que permitam tirar partido da colaboração entre humanos e robots (por exemplo, atribuindo tarefas repetitivas e/ou de análise de grandes massas de dados à robótica e à IA)? Como desenvolver soluções *web-based* adaptadas a condições locais (v.g. processos de tradução automática ou de contextualização de informação)? Como explorar as crescentes possibilidades de conectividade? Como estabelecer as soluções de *back-office* para negócios *web-based*? Quais as possibilidades de utilização da robótica e da IA para reconfigurar os modelos de negócio de empresas já existentes (desejavelmente sem implicações significativas a nível de emprego)?

- *Inovação Social*: Como utilizar a robótica e a AI na prestação de serviços de saúde a camadas populacionais mais vulneráveis? Como estimular a adaptação de robots a ambientes hospitalares? Como utilizar a robótica e a IA para desenvolver novos métodos de ensino e de aprendizagem? Como usar a robótica e a IA na deteção de situações que requerem intervenção (por exemplo, padrões de comportamento em maus tratos a crianças)? Como criar condições sociais para facilitar a colaboração entre humanos e *robots* em diferentes contextos?

c) *Promoção de iniciativas de experimentação de novos modelos de trabalho*

Os desafios do recurso à robotização e à IA não deverão ser colocados apenas no plano de cada organização individual. Deverá haver iniciativas de política pública no sentido de promover formas mais adequadas de resposta aos desafios suscitados pela robótica e pela IA. Devem ser **identificadas boas práticas numa lógica antropocêntrica e de estímulo do emprego e promovida a sua divulgação**, especialmente junto de PME e de organizações públicas. Mas deverá ser também encorajada a **experimentação de soluções que possam ser depois avaliadas e eventualmente replicadas em contextos mais amplos**. Estas iniciativas poderiam articular-se com as sugeridas no quadro da Agenda ‘Robótica industrial e sistemas inteligentes de manufatura’. Nesta linha, Portugal poderia posicionar-se como espaço atrativo para iniciativas neste campo, tal como foi sugerido em 5.3.1. Isso aplicar-se-ia tanto a novas iniciativas empreendedoras como a iniciativas de empresas estabelecidas que pretendessem testar novas soluções organizacionais e novos modelos de trabalho. Uma possibilidade a explorar seria a promoção de *controlled experiments*, tanto por empresas nacionais como por subsidiárias estrangeiras localizadas em Portugal.

d) *Estabelecimento de novas profissões e funções*

Neste caso, a questão central é a **exploração das novas possibilidades tecnológicas** no sentido de desenvolver novas empresas e **novas formas de ocupação profissional**, designadamente em atividades (e indústrias tradicionais). Deveriam ser apoiadas iniciativas empresariais inovadoras que criassem e/ou estimulassem o desenvolvimento do emprego qualificado em áreas como as da segurança, da vigilância do meio ambiente, do apoio ao envelhecimento ativo, do entretenimento, da educação e formação e da saúde (tal como tinha sido referido acima).

4.3.4 – Fatores críticos para o desenvolvimento futuro

O sucesso de implementação da agenda proposta está dependente de fatores como:

- Interdisciplinaridade. Os temas propostos exigem uma abordagem interdisciplinar, integrando conhecimentos de várias áreas. Para além das dificuldades intrínsecas da interdisciplinaridade, verifica-se que os painéis de avaliação de propostas de projetos continuam a ser sempre mono-disciplinares, o que leva a que propostas com tais características nunca sejam adequadamente consideradas. A alteração de tal situação é uma condição essencial.
- Abordagem socio-técnica. Para além da natureza interdisciplinar, estes temas requerem uma abordagem sócio-técnica, que frequentemente esbarra com os “muros” entre departamentos de ciências sociais e ciências de engenharia nas instituições de investigação. Investigadores seguindo tal abordagem são frequentemente “menosprezados” pelos seus colegas de disciplinas “mais puristas”. Importa pois promover uma cultura diferente, que aponte e valorize tais abordagens (através de novos indicadores de desempenho que favoreçam tal colaboração).
- Precariedade e novos modelos de segurança. A crescente precarização de relações laborais, acentuada por alguns modelos socio-económicos atuais pode constituir um obstáculo à aceitação social das novas tecnologias. A par duma estratégia de sensibilização para as novas oportunidades, importa também desenvolver investigação em novos modelos de “segurança social” para a “economia em rede” numa sociedade fortemente tecnológica.
- Formação de consórcios entre empresas (de desenvolvimento tecnológico e utilizadores finais) e academia para candidaturas a projetos europeus e nacionais de I&D ¹⁸.

Para além dos fatores críticos referidos acima, nesta seção., no âmbito da vertente investigação (Interdisciplinaridade, abordagem socio-técnica, e precariedade e novos modelos de segurança), são identificados fatores adicionais, designadamente os seguintes:

- Perspetiva integrada dos desafios, evitando a dicotomia Homem/Máquina: no plano da inovação, as possibilidades de tirar partido das oportunidades oferecidas pelos desenvolvimentos observados no plano da robótica e da IA reclamam uma análise integrada onde os aspetos tecnológicos e sociais se combinam. É importante evitar a ideia de determinismo tecnológico, no sentido em que o desenvolvimento tecnológico exige necessariamente uma aceitabilidade social. Mas importa também refutar as conceções conservadoras que pretendem manter o *status quo*. Este é impossível de manter num mundo cada vez mais competitivo. Se ignorarmos as possibilidades oferecidas pelo desenvolvimento tecnológico, ficaremos para trás com consequências negativas em termos de níveis de rendimento e de bem-estar. Consequentemente, a abordagem a seguir deve, adotando uma perspetiva centrada no Ser Humano, procurar explorar as oportunidades de inovação oferecidas.

¹⁸ Um exemplo deste tipo de colaboração poderá ser o Lisbon Robotics Cluster (<http://lisboarobotics.com>) que inclui uma rede de hotspots para experimentação em ambientes exteriores, um living-lab na cidade de Lisboa para testes de sistemas robóticos num ambiente real, uma incubadora e um think-tank para discutir as questões de impacto ética, legal e social

- Visão transversal das oportunidades: As possibilidades de aplicação da robótica e da IA não estão restritas às atividades e indústrias mais intensivas em tecnologia. Sendo tecnologias transversais, a sua aplicabilidade é transversal, afetando tanto o desenvolvimento de veículos não tripulados como os serviços domésticos, passando pela saúde, pela segurança e pela agricultura. Dito de outra forma, as oportunidades não se restringem às indústrias fortemente inovadoras, surgindo também em atividades tradicionais, transformando-as. Além disso, os desafios não se colocam apenas no domínio das empresas privadas, aplicando-se igualmente às organizações públicas. Neste campo, as áreas da Saúde e da Educação oferecem ampla margem de inovação.
- Combinação da experimentação com difusão de boas práticas: A experiência existente é ainda muito limitada. Se algumas consultoras vão apresentando soluções que reclamam ser excelentes, frequentemente baseadas em casos individuais, existe uma necessidade clara de experimentação e de contextualização, na medida em que estamos perante abordagens socio-técnicas. A política pública deve promover a experimentação e a demonstração, numa lógica de replicação adaptada, de soluções que mostraram resultados positivos.
- A contextualização não deve ser esquecida: Muitas soluções importadas são baseadas na atual língua franca da investigação e dos negócios – o Inglês. Todavia, convirá em muitos casos contextualizar as condições de aplicação, nomeadamente através da adaptação à língua portuguesa. A capacidade de efetuar tal contextualização pode oferecer um espaço de mercado interessante e que deve ser explorado: o dos países de língua oficial portuguesa. Dito isto, convirá, no entanto, ter em conta que a afirmação internacional de soluções desenvolvidas em Portugal exige, frequentemente, o recurso à língua inglesa. Isto significa que, sendo a contextualização importante, a ambição e a análise do potencial das inovações desenvolvidas pode definir como mercado principal o Mundo.
- Capacidade de influenciar as orientações de política Europeia: Este tema é importante não apenas para potenciar as iniciativas portuguesas, incluindo tanto a utilização do Programa Quadro como a configuração do próximo, chamemos-lhe assim, Quadro Comunitário de Apoio. A reflexão efetuada no âmbito desta Agenda de I&I bem como em outras conexas e no quadro da Indústria 4.0 é importante para identificar um conjunto de aspetos considerados especialmente relevantes para o nosso País – e para preparar a sua defesa junto das entidades europeias. A capacidade nacional de influenciar a agenda europeia será tanto maior quanto melhor preparada e mais coesa for a posição portuguesa.

Capítulo 5 - CONCLUSÕES

A importância crescente da chamada transformação digital (nomeadamente nível da robótica e da Inteligência artificial) em diversos setores de atividade é inquestionável, referindo-se uma nova vaga de automação numa sociedade e numa economia onde o digital ganha um papel crescente, com impactos em diferentes dimensões, nomeadamente a nível tecnológico, de mercados de trabalho e desafios para os sistemas de educação-qualificação-formação.

As tendências tecnológicas

A **robótica tem aumentado de forma assinalável o seu potencial de intervenção** (alternativa) **em tarefas desempenhadas por humanos**, não só devido aos próprios desenvolvimentos da robótica, mas ainda, e de forma significativa, pelos progressos relevantes e rápidos que têm ocorrido nos últimos anos a nível de inteligência artificial.

O desenvolvimento da robótica em nuvem, em particular o acesso a supercomputação – associado igualmente a um crescimento significativo do nível de sensorização dos robôs - tem ainda reforçado significativamente o acesso destes a um volume substancial e em crescimento de Mega Dados que anteriormente não estavam acessíveis em “tempo real”, permitindo que os robôs possam atuar em tempo útil, reagindo a solicitações e a estímulos do meio onde estejam inseridos.

Assiste-se, em paralelo, a uma **dinâmica crescente da Inteligência Artificial (IA)**. Tal dinâmica ocorre num quadro de uma cada vez maior capacidade de intervenção computacional potenciando a automação de tarefas menos rotineiras e permitindo aos robôs nomeadamente a execução de tarefas com maior autonomia e, quando possível, em interação com atividades desempenhadas por humanos.

A robotização tem ocorrido predominantemente em alguns setores da indústria (em particular automóvel e elétrico/eletrónico) mas tende a crescer igualmente noutros setores não industriais, nomeadamente serviços, agricultura, saúde, construção, transportes, mar, minas,... Apesar do crescimento global verificado no número de robôs existentes em economias avançadas, o ritmo de variação observado nos vários países, onde há informação disponível, é bastante diferenciado.

A **IA e nomeadamente a *Machine Learning* (ML)** (aprendizagem automática) têm progredido de forma muito considerável, com um ritmo muito acelerado desde 2015. Tal desenvolvimento tem incidido, em particular, nas vertentes de reconhecimento facial, compreensão de linguagem natural e visão computacional, permitindo a máquinas inteligentes aumentarem de forma significativa a sua capacidade de executar tarefas não repetitivas e de perfil relativamente elevado. As técnicas avançadas de aprendizagem automática (*machine learning* e *deep learning*) têm permitido, por exemplo, uma acrescida capacidade de os robôs reagirem e adaptarem a estímulos do meio que os envolve.

A **articulação entre os progressos da robótica, em si mesma, e os desenvolvimentos computacionais associados à inteligência artificial (IA)** tem potenciado ou mesmo possibilitado que os robôs possam assumir tarefas anteriormente não acessíveis para automação.

A IA pode ser encarada atualmente como uma tecnologia de âmbito geral, apresentando uma reforçada articulação e integração com tecnologias existentes, em particular, a robótica a qual vem sendo cada vez mais embebida com sistemas de IA (nomeadamente com recurso a técnicas de ML), num contexto de convergência entre tecnologias digitais (Big Data, IoT, IA, ML).

Toda esta dinâmica vem-se desencadeando num quadro de significativo crescimento do poder de processamento computacional e de diminuição genérica de custos associados às TIC em diferentes vertentes.

Os impactos nos mercados de trabalho

Para além dos efeitos de produtividade, coloca-se a questão dos impactos da automação nos padrões de emprego e, de uma forma geral, em termos de mercados de trabalho. Trata-se de um assunto em debate crescente no espaço público, embora colocado frequentemente de forma simplificada, não considerando em grau suficiente as múltiplas dimensões da questão e a necessidade de aprofundamento da base de conhecimento sobre as dinâmicas existentes ou que se configuram no futuro, em diferentes contextos geográficos, sociais e económicos.

Em particular, há que considerar dois tipos de efeito dos processos de automação sobre o emprego: (i) de deslocação que podem implicar perda do posto de trabalho e (ii) de reintegração - reafetação associados a novos postos de trabalho resultantes direta ou indiretamente dos referidos processos de automação.

Em estudos com bastante impacto no espaço público, não é, por vezes, suficientemente sublinhado que os impactos em jogo não afetam necessariamente o conjunto das tarefas que cada trabalhador desenvolve, mas eventualmente apenas parte das mesmas. Salienta-se, que alguns desses estudos não darão o devido destaque ao facto de os impactos sobre o emprego poderem ser diversificados em função de desenvolvimento económico e de perfil de especialização dos diferentes países e regiões.

O futuro do trabalho – visões diferenciadas

Como acima mencionado, a questão do impacto dos processos de automação associados à Robótica e à Inteligência Artificial, fruto da acrescida capacidade de intervenção de robôs e da IA nas mais diversas tarefas (desempenhadas anteriormente por humanos), tem sido objeto de debate quer a nível académico quer a nível de espaço público. Nesta última vertente, por ventura, observa-se alguma tendência para sublinhar perspetivas negativas com relação aos efeitos sobre o emprego, apontando-se para elevadas probabilidades de, a curto ou médio prazo, ocorrer uma significativa destruição de postos de trabalho.

No âmbito dessa **perspetiva mais pessimista**, importa sublinhar vários estudos que tiveram grande impacto e que apontam para um elevado risco de perda de emprego em várias profissões, nomeadamente aquelas que incorporam tarefas mais rotineiras¹⁹.

¹⁹ Nomeadamente o trabalho de Frey e Osborne (2013) da Universidade de Oxford. Este estudo, inicialmente incidindo sobre os USA, foi posteriormente objeto de inspiração para aplicação a outras áreas geográficas, incluindo alguns países europeus mais desenvolvidos. Nomeadamente a partir de 2016, várias empresas de consultoria

Não sendo objeto desta Agenda especificar tais estudos, as suas metodologias ou analisar os seus resultados, importará sublinhar que em outros estudos publicados nomeadamente de âmbito académico, nos últimos dois-três anos, é chamada a atenção que abordagens demasiado parcelares ou agregadas poderão não ter em consideração, em medida suficiente, a especificidade de diferentes setores e a complexidade das tarefas que integram cada posto de trabalho, sendo que estas podem apresentar propensão variável para serem objeto de automação.

Nesta **perspetiva mais otimista** com relação às respostas dos mercados de trabalho face às dinâmicas de automação em questão, vários autores²⁰ vêm questionando os cenários mais negativos, sublinhando, em particular, o seguinte:

- Ainda não há conhecimento nem evidência científica comprovada sobre o modo e os mecanismos como a Robótica e a IA afetarão o emprego, quer destruindo postos de trabalho (ou partes dos mesmos) quer contribuindo para criar novas oportunidades, havendo **necessidade crítica de estudos de caso em diferentes contextos geográficos e setores** de atividade, sendo de evitar conclusões demasiado gerais;
- Relativamente ao impacto da IA sobre postos de trabalho, cada profissão é composta de um número significativo de tarefas que podem apresentar propensão ou dificuldade muito variável para serem objeto de automação. Há que considerar a eficiência da automação de cada processo em condições reais e **aprofundar o conhecimento sobre a variedade de situações**;
- Não parece existir evidência empírica de evolução galopante de perda de emprego sem recriação do mesmo, sendo o assunto extremamente complexo, **exigindo estudos de caso em diferentes contextos dada a especificidade das situações ao longo dos setores de atividade**.

De uma forma geral, importa **otimizar a participação humana nos processos de automação** e não esquecer que a robotização e as tecnologias avançadas de IA (nomeadamente a nível de aprendizagem automática) constituem uma oportunidade para a **criação de novos postos de trabalho** bem como **novas profissões**, algumas das quais a partir de desenvolvimentos, alterações ou combinação de perfis profissionais existentes. A canalização de trabalhadores para tarefas mais criativas constitui um outro efeito muito positivo que pode derivar do desenvolvimento dos processos de automação em causa.

De qualquer modo, **o potencial disruptivo da robótica e da IA sobre o emprego** pode vir a ser significativo em certos **países e setores**, constituindo uma tendência de fundo cujas dinâmicas deverão ser objeto de conhecimento aprofundado no quadro das especificidades de diferentes atividades e contextos nacionais e regionais.

(Accenture, PriceWaterHouseCoopers, McKinsey, Bruegel entre outras) têm apresentado resultados com apreciável impacto no espaço público, apontando para cenários de elevada destruição de emprego

²⁰ (Arntz et.al, OCDE, 2016 | Acemoglu e Restrepo, 2016|Bressen, 2017|JRC,2017|Bryonjolfsson, 2018|Presidente, 2019, OCDE)

Figura 13 – Modelo simplificado das principais dimensões de análise em questão



5.1 – Desafios. A Agenda de I&I e a sociedade portuguesa

Tem havido em Portugal, no espaço público, uma maior atenção para o que se passa sobretudo na indústria relativamente à Robótica no seu impacto sobre os mercados de emprego.

A Inteligência Artificial tem merecido igualmente uma crescente atenção com relação ao seu papel na automação de atividades nomeadamente nos serviços bem como ao seu impacto em termos de automação e de potencial para destruição e criação de emprego.

Portugal apresenta um nível mediano no desenvolvimento da economia digital. Em paralelo, a penetração das tecnologias computacionais, nomeadamente da Robótica e da Inteligência Artificial no tecido económico e social irá certamente continuar a crescer em linha com observado em outros países europeus.

A **digitalização** crescente irá naturalmente **alterar significativamente a estrutura ocupacional** bem como exigir a **readaptação de muitos empregos** em diferentes setores.

O país tem um peso significativo de trabalhadores com baixos níveis de educação e ocupados em tarefas manuais e associadas a rotinas, requerendo qualificações baixas ou médias. Assim, apresenta ainda um nível educativo insuficiente, nomeadamente em algumas faixas etárias, o que deverá limitar a sua **adaptação às necessidades de qualificações inerentes aos processos de automação**. É certo que o esforço de formação-educação que vem sendo prosseguido em Portugal irá seguramente contribuir

para alterar o nível médio de qualificações existentes, mas trata-se de um processo necessariamente lento a produzir impactos em termos de mercado de trabalho.

Dada a **estrutura produtiva e ocupacional de Portugal**, o país poderá ser significativamente afetado pelo impacto das tecnologias digitais indutoras de automação de processos e tarefas.

Não existem em Portugal dados ou estudos em quantidade suficiente sobre o impacto da transformação digital no emprego (nomeadamente a sua destruição e criação) bem sobre os perfis profissionais e qualificações necessárias nos diversos setores de atividade. Em particular, o país não dispõe de conhecimento robusto sobre os impactos sociais e económicos do desenvolvimento dos sistemas de Robótica e de IA, nomeadamente em termos de emprego.

A reflexão científica sobre o impacto da automação associada a robótica e inteligência artificial na qualificação, nas competências e na empregabilidade em Portugal carece, pois, de **reforço** significativo. A maioria dos estudos realizados centram-se em abordagens parcelares e/ou disciplinares, sem preocupações de resposta que englobem desenvolvimentos das várias dimensões críticas na aplicação de novas tecnologias, nomeadamente no referente aos seus impactos em termos dos mercados de trabalho.

Espera-se que esta Agenda de I&I contribua para promover e inspirar o desenvolvimento de um corpo de conhecimento forte em Portugal sobre os efeitos que a automação associada a Robótica e a IA terá nos postos de trabalho e, concomitantemente, sobre necessidades de formação e qualificação na perspetiva da próxima década.

Existe uma reconhecida dinâmica de atividade de investigação e inovação nas áreas da Robótica e da Inteligência Artificial em Portugal. Com relação à investigação do elemento humano na modelação, simulação e controlo das atividades de robótica e de IA, a experiência mais significativa existente no país tem-se desenvolvido essencialmente na área das engenharias, sendo a contribuição das ciências sociais abaixo do potencial existente.

É sabido que apesar da **crescente introdução de sistemas robóticos e de IA** em setores como os **serviços, os cuidados de saúde, a agricultura, o setor florestal e outros** (para além naturalmente da **indústria**) em Portugal, não existe, como acima indicado, trabalho de investigação em volume significativo com relação, em particular, aos efeitos da automação sobre a qualificação de recursos humanos, a destruição e criação de emprego bem como outras questões de I&I conexas como as que se identificam adiante. Importa, assim, **reforçar a base de conhecimento numa perspetiva de mobilização conjunta de saberes em tecnologias robóticas e de sistemas de IA e em matérias de natureza socioeconómica** associadas nomeadamente nas áreas do **trabalho, emprego e de formação-qualificação**, numa perspetiva multi e interdisciplinar.

5.2 – Áreas estratégicas para Investigação e a Inovação

Ao longo desta Agenda (nomeadamente no capítulo 4) é caracterizado e diagnosticado o esforço nacional em I&I na área temática desta Agenda que incide na interface de áreas distintas cujo potencial de investigação e inovação importa articular, mobilizando o conhecimento de tecnologias digitais

(nomeadamente robótica e inteligência artificial) e o associado às vertentes do trabalho, emprego, qualificações, formação, nomeadamente no contexto nacional, mas tendo em conta as dinâmicas que se observam a nível internacional.

Três dimensões estratégicas principais foram refletidas nesta Agenda onde são identificadas **questões de investigação e de inovação** que não deverão ser consideradas de forma estanque pois muitas das mesmas poderão apresentar forte relação e influência mútuas, nomeadamente a nível de:

i) **Novos Modelos de Trabalho**

Questão	Incidência
-Relação entre as opções relativas ao design do processo produtivo	Tipo de organização do trabalho e a produtividade.
- Novas formas de trabalho e sua organização /emprego	Estudo da extensão e crescimento das novas formas de trabalho /emprego – <i>crowdwork</i> teletrabalho economia da plataforma, ...- ligadas à automação (conteúdo de trabalho, oportunidades para aprendizagem e desenvolvimento de novas competências... Estudos sobre a relação entre produtividade, automação, robótica, IA e trabalho.
- Interação indivíduo-robô em ambientes complexos de trabalho	Otimização e preservação do envolvimento humano na cadeia de decisão.
- Dimensões éticas, legais e sociais do trabalho com sistemas automatizados	Alterações na estrutura ocupacional e de qualificações? Quais as profissões mais atingidas pela transformação de conteúdo de tarefas? Perspetiva centrada nas tarefas individuais (mais do que nas profissões na sua globalidade). Efeitos de polarização e melhoria da estrutura de qualificações.
-Aumento de produtividade, automação e trabalho	Aprofundar a relação entre produtividade automação, robótica, inteligência artificial e trabalho. Necessário mobilizar competências multidisciplinares (microeconomia, sociologia do trabalho, economias dos mercados de trabalho, robótica, avaliação de tecnologia.
- Sistemas avançados de produção e segurança	Otimizar normas de segurança.
- Novas qualificações profissionais	Investigação sobre a potencial emergência de novas qualificações.

ii) **Qualificação e Empregabilidade**

Questão	Incidência
-Antecipação das necessidades emergentes de formação	Exigências particulares de setores suscetíveis de ser mais atingidos pelo desemprego tecnológico.
- Quais os empregos criados?	Competências cognitivas, informáticas e comportamentais.
- Individualização do trabalho	Preservação do património de sociabilidades no trabalho.
-Diagnóstico e prospetiva do parque tecnológico do país	Nas várias regiões e setores.
- Polarização do Mercado de Trabalho	Nas várias regiões e setores.
-Emergência de novas atividades e novos empregos associados à introdução de processos computadorizados	Caraterizando as atividades e as dinâmicas de evolução.

-Interação humano-máquina do ponto de vista das qualificações, competências e empregabilidade	Usando diferentes tecnologias digitais.
- Oferta formativa de nível médio e superior	Identificar gaps e necessidades.
- Novas atividades e profissões	Novas formas de ocupação profissional designadamente em Agricultura, Serviços e cuidados de saúde, Vigilância e segurança urbana, Transportes públicos, Veículos elétricos, Economia do mar,

iii) **Desenvolvimento da robotização e da inteligência artificial como fonte de oportunidades**

<i>Questão</i>	<i>Incidência</i>
- Recriação de profissões em setores tradicionais e estabelecimento de novas profissões e funções	Identificar os modelos sócio-técnicos de desenvolvimento e integração da robótica e sistemas inteligentes complementados com modelos organizacionais em rede colaborativa que possam recriar profissões e novas funções
- Novas possibilidades tecnológicas para estender as capacidades do humano	Abrir oportunidades para novas formas de ocupação profissional, nomeadamente nas áreas da segurança, vigilância do meio ambiente, saúde, apoio a idosos, apoio a crianças com necessidades especiais, entretenimento e artes
-Promoção de novos modelos de colaboração entre humanos e sistemas inteligentes e inter-ação entre humanos e robôs no quadro de lógicas antropocêntricas de produção industrial	Redes colaborativas multinível; Robótica colaborativa; Responsabilidade humano-máquina; Reconceção de processos de trabalho em ambientes de inter-ação homem-máquina e redefinição de fluxos de trabalho, testando novas soluções organizacionais e novos modelos de trabalho
-Desenvolvimentos em robótica inteligente e IA orientados para a paz, sustentabilidade e qualidade de vida	Técnicas gerais de IA, incluindo novas técnicas de aprendizagem " <i>data-rich</i> ", sistemas de diálogo, raciocínio e modelos cognitivos
-Exploração das oportunidades de inovação induzidas pela utilização crescente da robótica e da inteligência artificial	Inovação de produto, de processo, organizacional, comercial e nos modelos de negócio

5.3 – Desenvolvimento Económico e Social

As sociedades e a economia estão perante um paradigma cada vez mais presente pelo qual a digitalização e a intensificação dos processos de automação vão ganhando relevo crescente, envolvendo mudanças e choques tecnológicos e de organização do trabalho em diferentes setores de atividade.

A Robótica, depois de um crescimento significativo em setores da Indústria, mostra tendência a alargar-se a outros setores como os Serviços, a Agricultura, a Logística, os Transportes, a Saúde e outros, sendo que os robôs têm vindo a adquirir, quando possível, acrescida capacidade para operar em tarefas não necessariamente rotineiras.

Em paralelo, a Inteligência Artificial tende a permear um número crescente de atividades nos mais variados setores de atividade e a automatizar tarefas associadas aos correspondentes postos de trabalho. Como acima referido, o muito rápido crescimento dos sistemas de IA, nomeadamente a nível

da **aprendizagem automática, e a sua acrescida integração com sistemas robóticos**, vem igualmente incrementando as condições para aumentar a intensidade de automação em diferentes ambientes de trabalho.

Adicionalmente, vêm sendo criadas as condições para incrementar a **colaboração humano-robô** o que poderá conduzir a uma maior produtividade associada aos processos em jogo como ainda libertar trabalhadores de tarefas rotineiras e fastidiosas.

Estas tendências são ainda potenciadas por uma descida, em geral, de custos das tecnologias digitais a par de um enorme **desenvolvimento na capacidade computacional disponível** bem como do acesso rápido a volumes sempre crescentes de dados, num contexto de aumento significativo de sensorização dos dispositivos e máquinas que os trabalhadores operam.

Neste contexto, coloca-se naturalmente a questão fundamental dos **impactos no mercado de trabalho** que deverão ser bastante variados em diferentes setores de atividade, em função das especificidades dos mesmos, nomeadamente em termos das necessidades de perfis e competências profissionais requeridas.

Embora seja problemático estabelecer previsões sobre a **evolução de postos de trabalho** em Portugal no mercado de trabalho, existe um risco de desaparecimento de um número significativo face aos atualmente ocupados. Naturalmente, em paralelo, há que considerar o número dos novos empregos que poderão ser criados como consequência do desenvolvimento dos processos de automação, com a emergência de novas oportunidades de trabalho, realização de novas tarefas antes não existentes, sendo problemático elaborar cenários de evolução sem uma base robusta de análise de setores com as diversas especificidades e dinâmicas quer a nível tecnológico quer social.

Desafios críticos

Torna-se particularmente relevante mapear as ocupações, tarefas ou atividades profissionais com potencial para automação no sentido de, em particular, se identificar os deficits e necessidades de perfis profissionais, obtendo indicações para orientar as atividades de educação, formação ou reorientação profissional mais convenientes. Tal **mapeamento** deverá ter um caráter dinâmico a fim de acomodar os diferentes ritmos a que se processam as mudanças tecnológicas e desenvolver programas e atividades de formação com a devida antecipação face às necessidades que vão emergindo nos diferentes setores de atividade.

Importa igualmente analisar as transições profissionais em diferentes condições do mercado de trabalho bem como a **reconfiguração e emergência de novas atividades** requerendo perfis adequados e eventualmente não disponíveis.

No contexto das designadas ondas de mudança tecnológica, induzindo possibilidades de automação acrescidas, há que **garantir a disponibilidade de qualificações e competências** que a introdução mais intensiva de tecnologias digitais nos processos tecnológicos e organizacionais irá exigir. As tecnologias em jogo requerem qualificações altamente especializadas e competências cognitivas e técnicas particulares, podendo acarretar uma rápida obsolescência de qualificações existentes. Por outro lado, os

esforços de reorganização e de formação bem como de reafecção de trabalhadores poderão levar tempo a produzir efeitos.

O sistema de **educação-formação** confrontar-se-á, de modo crescente, com a premência de encontrar mecanismos para fazer face aos desafios acima indicados bem como encontrar respostas para otimizar a transferibilidade e reinserção profissional dos indivíduos cujos empregos tenham sido destruídos pelo processo de automação, garantindo a empregabilidade de trabalhadores afetados.

A robotização e a Inteligência Artificial constituem fontes de novas oportunidades para **novos modelos de negócio e oportunidades de trabalho** requerendo a reconfiguração ou emergência de profissões ou atividades profissionais.

Importa ainda analisar possíveis **efeitos de polarização** no mercado de trabalho, sendo que, em muitos países da OCDE, se tem verificado uma maior procura de competências de perfil alto e baixo, e menor para competência médias, num contexto de intensificação da digitalização das economias e das sociedades. No entanto, poderão ocorrer dinâmicas diferenciadas para diversas tecnologias digitais. Em particular, na utilização de técnicas de *machine learning* e *deep learning* que se tornaram mais intensivas nos últimos anos, não haverá ainda tempo suficiente para extrair evidencia empírica sobre os efeitos de polarização a nível de mercados de trabalho.

Bibliografia

Arntz, M., T. Gregory and U. Zierahn (2016), The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis, *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 189, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>

Autor, D. H. (2015), ‘Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation’, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 29, No. 3, pp.3–30.

Bowles, J. (2014), Chart of the week: 54% of EU jobs at risk of computerization. Bruegel, <http://bruegel.org/2014/07/chart-of-the-week-54-of-eu-jobs-at-risk-of-computerisation/>

Brynjolfsson, Eric and McAfee, Andrew (2014), *The Second Machine Age: Work, Progress and Prosperity in Time of Brilliant Technologies*, New York: W.W. Norton & Company.

Brynjolfsson, E. and Mitchell, T. (2017) “*Wat can Machine Learning Do? Workforce Implications*”, *Science* 358(6370):1530-34.

Cardial, Victor (1990), A flexibilidade como objectivo, *Robótica e Automatização*, nº 3, Porto, Abril 1990, pp. 25-28.

Chen, Yong (2016), Industrial information integration – A literature review 2006-2015, *Journal of Industrial Information Integration*, 2(June): 30-64.

DeCanio, Stephen J. (2016), Robots and humans – complements or substitutes?, *Journal of Macroeconomics* 49 (2016) 280–291.

Degryse, C., (2016), Digitalisation of the economy and its impact on labour markets, *ETUI Working Paper* 2016.02., European Trade Union Institute: <https://www.etui.org/Publications2/Working-Papers/Digitalisation-of-the-economy-and-its-impact-on-labour-markets>.

Eurofound (2014), *Drivers of job polarisation and upgrading in Europe: European Jobs Europeans do at work? A task-based analysis*: European Jobs Monitor 2016, Publications Office of the European Union, Luxembourg Monitor 2014, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Eurofound (2015a) *Upgrading or polarisation? Long-term and global shifts in the employment structure*: European Jobs Monitor 2015, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Eurofound (2015b), *New forms of employment*, Publications Office of the European Union, Luxembourg

European Parliamentary Technology Assessment – EPTA, (2016), *Future of Labour in the Digital Era Ubiquitous Computing, Virtual Platforms, and Real-time Production*, epub.oew.ac.at/ita/ita-projektberichte/EPTA-2016-Digital-Labour.pdf .

Fernández-Macías, E. (2012), “Job polarization in Europe? Changes in the employment structure and job quality”, 1995– 2007’, *Work and Occupations*, Vol. 39, No. 2, pp. 157–182.

Fonseca, T, F Lima and Pereira, S. (2015), Job Polarization, Technological Changes and Routinization: Evidence from Portugal, Paper presented at 26th European Association of Labour Economists (EALE) Conference, acedido em: 04.03.2017: <http://www.aiel.it/cms/cms-files/submission/all20150906001044.pdf>

Ford, M. (2015), *The Rise of Robots Technology and the Treat of a Jobless Future*, New York, Basic Books.

Ford, R., Richard, B. & Ciuchta, M. (2015). Crowdsourcing: A new way of employing nonemployees? *Business Horizons* 58(4), 377–388.

Frey, B.C. and Osborne, M.A., *The Future of Employment. How Susceptible Are Jobs to Computerization*, Oxford Martin School Program on the Impact of Future Technology Working Paper, 17/09/2013, http://www.earncentral.org/Future_of_work/Baker%20Shorter%20Work%20Time%20Final.pdf

Goos, M., Manning, A. and Salomons, A. (2009), “Job Polarization in Europe”, *American Economic Review: Papers & Proceedings* 2009, 99:2, 58–63.

Kovács, I.; Casaca, S.F. (2008). “Labour Segmentation and Employment Diversity in the ICT Service Sector in Portugal”. *European Societies*, 10 (3), p. 429- 451.

Lapão, L. V. (2016), The Future Impact of Healthcare Services Digitalization on Health Workforce: The Increasing Role of Medical Informatics, in A. Hoerbst et al. (Eds.), *Exploring Complexity in Health: An Interdisciplinary Systems Approach*. European Federation for Medical Informatics (EFMI) and IOS Press, Pp. 675 – 679. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27577470>

Malone, T.; Laubacher, R. e Johns, T. (2011), “The Big Idea. The Age of Hiperespecialização”, *Harvard Business Review*, 89 (7/8): 56-65.

McKinsey (2017), *Jobs lost, jobs gained: workforce transitions in a time of automation*, McKinsey Global Institute, dezembro 2017 (<https://www.mckinsey.com/global-themes/future-of-organizations-and-work/what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages>).

Moniz, A.B. (1990), Aplicação de Robots em Portugal: Contribuição para a Análise Comparativa de Sectores, Casos, Implicações Económicas e Sociais, *Organizações e Trabalho*, Nº 3-4, pp. 59 – 74.

Moniz, António B. (2010) Anthropocentric-based robotic and autonomous systems: assessment for new organisational options, *IET Working Papers Series* 07/2010.

Moniz, António B. (2013), Robots and humans as co-workers? The human-centred perspective of work with autonomous systems, *IET Working Papers Series* 03/2013.

Moniz, António (2018), *Robótica e Trabalho: o Futuro hoje*, Lisboa, Glaciari/FLAD, 252 pp.

Moniz, A. B.; Kovács, I.; Teixeira, J. Pamies (1989), *The Context for Uptake of New Production Technology and New Robotic Technology in Portugal*, Monte da Caparica, FCT-UNL/EFILWC.

Moniz, António, and Bettina-Johanna Krings (2016). Robots Working with Humans or Humans Working with Robots? Searching for Social Dimensions in New Human-Robot Interaction in Industry. *Societies* 6 (3): 23. doi:10.3390/soc6030023 ([Moniz e Krings 2016](#)).

Moniz, António, and Bettina-Johanna Krings (2016). Special Issue on Robots and the Work Environment, *Societies*, MDPI, Open Access Journal, vol. 6(4), pages 1-3, October.

Nunes, F.P.J. (2007), *TIC's, Emprego e Novos Modelos de Trabalho em Portugal*, Universidade de Minho, (dissertação de Doutoramento).

Observatório das Migrações (2017), *Indicadores de Integração de Imigrantes: Relatório Estatístico Anual*, Observatório das Migrações, ISBN 978-989-685-089-0, <http://www.om.acm.gov.pt/documents/58428/383402/Relat%C3%B3rio+Indicadores+de+Integra%C3%A7%C3%A3o+de+Imigrantes+OM+2017.pdf/432839ce-f3c2-404f-9b98-39ab22b5edc5>

OECD, New forms of work in the digital Economy (2016a), *Digital Economy papers*, nº260, http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/science-and-technology/new-forms-of-work-in-the-digital-economy_5jlwnklt820x-en#.Wc_rUkyZOV4#page1

OECD (2016b), *Automation and Independent Work in a Digital Economy*, OECD <https://www.oecd.org/els/emp/Policy%20brief%20-%20Automation%20and%20Independent%20Work%20in%20a%20Digital%20Economy.pdf>

OCDE (2017), *Catching Up? Intergenerational Mobility and Children of Immigrants*, (<http://dx.doi.org/10.1787/9789264288041-en>)

OECD (2017), *Skills for Jobs Indicators*, Paris, OECD. https://drive.google.com/file/d/0Bw_Z14Qco-bYbGM5ekI5Nk8xaWM/view

Oesch, D. and Menes, J. R. (2011), 'Upgrading or polarization? Occupational change in Britain, Germany, Spain and Switzerland, 1990–2008', *Socio-Economic Review*, Vol. 9, No. 3, pp. 503–531.

Palvia, Shailendra, and Vijay Vemuri (2016). Forecasts of Jobless Growth: Facts and Myths. *Journal of Information Technology Case & Application Research*, March.

Petropoulos, G; Marcus, J.S.; Moes, N.; Bergamini, E (2019). *Digitalisation and European welfare states*, Bruegel Blueprint Series, Vol. 30, pp. 34-36.

World Economic Forum (2016), Global Challenge Insight Report, *The Future of Job, Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*, WEF.

Concluding report of the Social Summit for Fair Jobs and Growth, Gothenburg, Sweden, 17 November 2017 (<http://www.socialsummit17.se/concluding-report/>).

Urze, Paula; Barroso, Sónia e Moniz, António (2005), Practices and trends of telework in the Portuguese industry: the results of surveys in the textile, metal and software sectors, *Enterprise and Work Innovation Studies*, IET/CICS.NOVA, vol. 1(1), pages 93-108.



FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA

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

WWW.FCT.PT