

FATORES DE ATRATIVIDADE EMPRESARIAL DA REGIÃO CENTRO.

O CASO DA INDÚSTRIA 4.0

António Pedro Soares Pinto
Pedro Manuel Nogueira Reis
Carla Manuela Ribeiro Henriques
Joaquim Gonçalves Antunes



CENTRO DE ESTUDOS EM EDUCAÇÃO, TECNOLOGIAS E SAÚDE
Unidade de I&D do Instituto Politécnico de Viseu



Caixa Geral
de Depósitos

Fatores de atratividade empresarial da região Centro. O caso da indústria 4.0.

António Pedro Soares Pinto

| Pedro Manuel Nogueira Reis

Carla Manuela Ribeiro Henriques

| Joaquim Gonçalves Antunes

Julho de 2019

Estudo apoiado pelo CIDETS - Centro de Estudos, Tecnologias e Saúde - Unidade de Investigação e Desenvolvimento do Instituto Politécnico de Viseu, em parceria com a Caixa Geral de Depósitos



Julho de 2019

Ficha Técnica:

Título: Fatores de atratividade empresarial da região Centro. O caso da indústria 4.0.

Autores/Editores: António Pedro Soares Pinto
Pedro Manuel Nogueira Reis
Carla Manuela Ribeiro Henriques
Joaquim Gonçalves Antunes

Capa: Paulo Medeiros

Filiação dos Autores: Instituto Politécnico de Viseu
Av. Cor. José Maria Vale de Andrade
Campus Politécnico
3504-510 Viseu

Suporte: Eletrónico; Formato PDF

ISBN: 978-989-20-9695-7
978-989-20-9694-0
978-989-20-9700-8
978-989-20-9699-5

ÍNDICE

Conteúdo

1. INTRODUÇÃO	1
2. A EMERGÊNCIA DA INDÚSTRIA 4.0	3
2.1. A 4. ^a revolução industrial e a indústria 4.0.....	3
2.2. Condicionantes e requisitos da Indústria 4.0	14
2.3. O Ecossistema da IoT e a sua aplicação a novos produtos e serviços.....	18
2.3.1. Conceitos e modo de funcionamento	18
2.3.2. Aplicações presentes e futuras da IoT	25
2.3.3. Riscos e desafios associados à IoT.	30
2.4. Fatores de atratividade.....	32
2.5 Estudos realizados no âmbito da indústria 4.0	35
3. CARACTERIZAÇÃO ECONÓMICO/EMPRESARIAL DA REGIÃO CENTRO.....	41
3.1. Território e demografia.....	41
3.1.1. Território.....	41
3.1.2. Demografia	42
3.1.3. A economia regional.....	44
3.2. Tecido empresarial da região Centro.....	52
3.2.1. Internacionalização.....	56
3.2.2. Investimento direto estrangeiro	57
3.2.3. Investigação, Desenvolvimento e Inovação	57
3.3. Programas de apoio à investigação e desenvolvimento.....	58
3.3.1. Sistemas de iniciativas com vista à dinamização e incentivos á Indústria 4.0 – Economia digital.....	60
4. ESTUDO EMPÍRICO.....	67
4.1. Metodologia.....	67
4.2. Entrevistas realizadas	68
4.3 Análise de resultados dos inquéritos	73
4.4. Análise dos determinantes do nível tecnológico das empresas	106
5. CONCLUSÕES	109
BIBLIOGRAFIA	111

1. INTRODUÇÃO

A indústria é um dos pilares da economia europeia na qual o subsector da indústria transformadora representa 2 milhões de empresas, 33 milhões de empregos e 60% do crescimento da produtividade (Comissão Europeia, 2017). A 19 de Abril de 2016 a Comissão Europeia lança a primeira iniciativa de apoio financeiro, com o objetivo de coordenar as políticas legislativas incentivando o investimento na indústria, criando as condições para a revolução industrial digital. A criação de valor na indústria, nos países mais desenvolvidos, está a ser impulsionada pela quarta etapa de industrialização, denominada por Indústria 4.0. O termo “Indústria 4.0” compreende um conjunto de novas tecnologias que contribuem para a digitalização e automação do ambiente de produção, bem como para a criação de cadeias de valor digitais (Oesterreich e Teuteberg, 2016).

A nova revolução industrial será impulsionada por tecnologias de informação de nova geração, como a Internet das Coisas (IoT), Computação em Nuvem, *Big Data* e Análise de Dados, Robótica, Computação Móvel, Simulação e Modelação, Identificação por Radiofrequência ou RFID, Sistemas Ciber-Físicos, Impressão 3D, entre outras. Abrem-se, deste modo, novos horizontes para que a indústria se torne mais eficiente, modernize processos e desenvolva produtos e serviços inovadores, aumente a qualidade e diminua o tempo de disponibilização de produtos/serviços.

No entanto, os desafios a enfrentar são inúmeros, criando dificuldades acrescidas às empresas na adoção destas tecnologias. Avultados investimentos, mudanças organizacionais e de processos, a necessidade de reforçar competências/conhecimentos, são apenas alguns obstáculos que as empresas enfrentam. Por outro lado, os setores de tecnologia de ponta enfrentam uma forte concorrência de outras regiões do globo e, as pequenas e médias empresas (PME), nomeadamente dos setores tradicionais, evidenciam um atraso significativo. Acresce o facto de se verificarem fortes disparidades regionais no âmbito da digitalização industrial.

Para implementar o Mercado Único Digital a Comunidade Europeia (2017) definiu uma estratégia constituída por três áreas de intervenção, a saber: melhorar o acesso aos bens e serviços digitais, criar condições para que as redes e os serviços digitais se possam desenvolver e assegurar que a economia, a indústria e o emprego aproveitam plenamente as oportunidades da digitalização.

A Comunidade Europeia decidiu incentivar a investigação no domínio das tecnologias inteligentes. O Programa Horizonte 2020 oferece incentivos financeiros para o desenvolvimento de projetos como cidades inteligentes e comunidades de informação, que ajudem a desenvolver o papel estratégico das cidades inteligentes em termos energéticos e de mobilidade (Comissão Europeia, 2015a).

A Europa pode adquirir vantagens competitivas significativas a nível mundial se for capaz de gerar uma onda de inovação digital crescente que envolva todos os sectores industriais. Com o ritmo acentuado de alterações nas tecnologias digitais, a indústria tem dificuldade em decidir quando investir, até que montante e em que tecnologias. Cerca de 60% das grandes empresas industriais e mais de 90% das PME apresentam um atraso significativo em termos de inovação digital, sendo expressiva a discrepâncias entre os diferentes sectores industriais (Comissão Europeia, 2016).

A criação de condições favoráveis ao desenvolvimento da Indústria 4.0 engloba inúmeros fatores tais como: incentivos fiscais, acesso a mercados globais, proximidade a centros de ensino e investigação, disponibilidade de capital, cultura empreendedora, integração em rede, motivações pessoais dos investidores, infraestruturas de tecnologias de informação, dimensão empresarial, relutância à mudança, idade da empresa, recursos financeiros e humanos (Azzoni, 1981; Schmenner, 1982; Balasingham, 2016).

Algumas regiões com condições favoráveis para a implementar a indústria ou sectores industriais ligados à inovação, têm trabalhado para estimular a criação e o desenvolvimento de uma rede de empresas inovadoras, nomeadamente de pequenas e médias empresas (PME), criadas do espírito empreendedor dos indivíduos.

O presente trabalho faz parte integrante de uma investigação científica aprovada pelo Centro de Estudos em Educação, Tecnologias e Saúde (CI&DETS) do Instituto Politécnico de Viseu. Assim, este trabalho, para além de caracterizar a região Centro quanto à evolução da aplicabilidade da IoT e de outras ferramentas associadas à Indústria 4.0, pretende obter informação junto das empresas relativamente aos fatores de fixação e relocação empresarial. Neste sentido, apresentar-se-á um conjunto de ferramentas capazes de diferenciar a região, contribuindo para o combate ao isolamento e à desertificação do interior.

Para além deste capítulo introdutório, a estrutura do trabalho prossegue com uma revisão de literatura sobre a Indústria 4.0 com o objetivo de melhor enquadrar a problemática em estudo. O capítulo 3 aborda a caracterização económica/empresarial da Região Centro, analisando o território, a demografia a economia, bem como o investimento em I&D, das empresas, do estado e de outras instituições. O capítulo 4 é dedicado à metodologia e à apresentação dos resultados do estudo empírico realizado através de entrevistas efetuadas a 14 responsáveis de empresas da região Dão-Lafões e de um inquérito a 241 empresas da região Centro. Por fim, apresentam-se as principais conclusões deste trabalho.

2. A EMERGÊNCIA DA INDÚSTRIA 4.0

A exponencial evolução tecnológica tem levado a que empresas e acadêmicos apresentem propostas de alteração de paradigma, estabelecendo a era da 4.^a revolução industrial. Assim, este capítulo pretende efetuar uma pequena resenha da literatura sobre a emergência da indústria 4.0, os antecedentes e as principais limitações à sua implementação.

2.1. A 4.^a revolução industrial e a indústria 4.0

Encontramo-nos no limiar de uma nova era tecnológica, a quarta revolução industrial, também designada por alguns autores como Indústria 4.0 (Magruk, 2016). De acordo com esta filosofia, a rede web assumirá um papel importante, impulsionando a criação de processos inteligentes em todas as fases de produção, desde a conceção, projeto até à manutenção e reciclagem.

A primeira revolução industrial teve início no séc. XVIII com o incremento dos sistemas mecânicos. A segunda decorre da introdução de linhas de montagem e produção em massa no início do séc. XX. A terceira surge com os computadores e a eletrónica no início dos anos setenta. A quarta revolução industrial introduz sistemas Ciber-Físicos, que decorre da fusão do mundo real e virtual, onde os equipamentos, produtos e pessoas estão cada vez mais ligados pela Internet (Huxtable e Schaefer, 2016). Estes sistemas interagem permitindo analisar dados, prever falhas, reconfigurarem-se e adaptarem-se continuamente às necessidades dos clientes.

O conceito Indústria 4.0 foi referido pela primeira vez em 2011 na Alemanha, num evento que decorreu em Hannover, como proposta para desenvolver uma nova política industrial assente numa estratégia de tecnologia de ponta (Mosconi, 2015). Esta inclui sistemas Ciber-Físicos, a Internet das coisas (IoT) e a Internet dos Serviços (IoS) (Lasi et al. 2014, Ning e Liu, 2015), com comunicação permanente via Internet que permite interação e troca de informação não apenas entre seres humanos (C2C) e humanos e máquinas (C2M), mas também entre as próprias máquinas (M2M) (Cooper e James, 2009, Roblek et al, 2016). Esta interação comunicacional condiciona a gestão do conhecimento 4.0 (KM 4.0) (Dominici et al, 2016).

O paradigma da Indústria 4.0 desenvolve-se em torno de três dimensões (Dorst et al. 2015): integração horizontal de toda a rede de criação de valor, engenharia ao longo de todo o ciclo de vida do produto, bem como a integração vertical dos sistemas de produção em rede. A quarta revolução industrial será caracterizada por processos automáticos

complexos e digitais que incorporam tecnologias de informação (TI) na indústria e nos serviços bem como na vida privada. As consequências do desenvolvimento de tecnologias como a impressão 3D, o desenvolvimento de serviços de venda *on-line*, serviços médicos em casa, entre outros, têm um impacto significativo nas PME (Sommer, 2015).

A integração vertical de toda a rede de criação de valor refere-se à integração inteligente e digitalização dos módulos de criação de valor ao longo da cadeia de valor do ciclo de vida do produto, bem como, entre cadeias de valor e ciclos de produtos adjacentes. A engenharia ao longo do ciclo de vida do produto descreve o efeito de rede e digitalização em todas as fases do ciclo de vida do produto: desde a aquisição de matérias-primas para o sistema de fabrico até à utilização do produto. A integração vertical incorpora diferentes níveis hierarquizados, agregando desde linhas de produção, marketing, vendas até ao desenvolvimento tecnológico. A integração horizontal consiste numa estratégia de crescimento através de aquisição de duas ou mais sociedades do mesmo nível da cadeia produtiva, que em muitas circunstâncias constituem os concorrentes diretos.

A gestão do conhecimento 4.0 permite estabelecer canais de comunicação permanente sobre as necessidades individuais em tempo real, em diferentes áreas, a saber: saúde, indústria, atividade doméstica e laboral, clientes, fornecedores e assim sucessivamente. É importante referir que, na maioria dos casos, a troca de informação será realizada entre máquinas, através da transmissão de dados via sensores sem fios, para servidores inteligentes que analisam um volume muito significativo de dados (Roblek et al, 2016). Um dos objetivos é satisfazer as necessidades individuais do cliente, através de produtos e serviços personalizados em tempo real que agreguem valor e, consequentemente reforcem a relação de lealdade do cliente (Kagermann, 2015, Yuet al., 2015).

O desenvolvimento e a integração do indivíduo na utilização de sistemas Ciber-Físicos, Internet das coisas (IoT) e na Internet dos serviços (IoS) provocam alterações no comportamento dos consumidores 4.0 (Dominici et al., 2016). Constitui uma oportunidade para que as empresas identifiquem as necessidades individuais, sociodemográficas e psicológicas que condicionam as decisões relativamente aos seus serviços/produtos e alterem as suas estratégias de marketing, tendo presente a concorrência e as novas tecnologias (Rocco e Bush, 2016).

A transformação associada à Indústria 4.0 assenta em três pilares fundamentais (Schlechtendahl et al., 2015; Almada-Lobo, 2016): *i*) digitalização da produção (sistemas de informação para a gestão e planeamento da produção), *ii*) automatização (sistemas de dados, linhas de produção e utilização de máquinas) e *iii*) intercâmbio automático de dados (ligação de locais de produção permitindo a gestão global da cadeia de abastecimento).

Por outro lado, o desenvolvimento da Indústria 4.0 desenvolve-se em torno dos seguintes itens (Roblek et al, 2016):

- Fábricas inteligentes: equipadas com sensores e sistemas autónomos que permitem melhorar os processos;

- Novos produtos/serviços: produtos/serviços individualizados, em que a abordagem aberta e inteligente permite alterar a sua memória;
- Auto-organização: alteração da cadeia de abastecimento e fabrico, com impacto nos processos de fornecimento, desde a gestão logística à gestão do ciclo de vida do produto, com os processos de fabrico interligados. Estas alterações exigem maior descentralização nos sistemas de produção existentes conduzindo à auto-organização descentralizada;
- Produto inteligente: incorporação de sensores inteligentes nos produtos que permitem a comunicação via IoT entre si e os indivíduos. No entanto, levantam-se questões como a invasão da privacidade e consequentemente de segurança pessoal;
- Sistemas Ciber-Físicos: os computadores e redes monitorizam e controlam os processos físicos. Como exemplo, refira-se o controlo de funções humanas vitais que permitem cuidados de saúde, sensores no vestuário e câmaras de vigilância em apartamentos;
- Cidade inteligente: compreende o desenvolvimento em seis fatores: economia, mobilidade, ambiente, população, modos de vida e gestão inteligente;
- Sustentabilidade digital: o respeito por regras éticas quanto à utilização de informação privada.

Por sua vez, Oesterreich e Teuteberg (2016) referem que a Indústria 4.0 se encontra associada aos seguintes conceitos:

- Simulação e modelação: descritos como um dos conceitos mais relevantes para gerir a crescente complexidade dos processos de fabrico e introduzir melhorias, criando cenários alternativos e reduzindo riscos nas fases iniciais da produção;
- Robótica: associada à visão de fábrica inteligente;
- Computação em nuvem: responsável pela prestação de serviços integrados com a oportunidade de serem acedidos pela Internet;
- Interação Homem-Computador (HCI): centra-se em vários aspetos relativos à utilização crescente das tecnologias de informação e comunicação;
- Big Data: dado o volume de dados geridos, a implementação de soluções Big Data pode ajudar a recolher dados junto dos dispositivos ou agentes geradores de dados de forma correta (e.g. sensores incorporados, computadores, máquinas ou pessoas) e torná-los acessíveis;
- Computação móvel: utilização de dispositivos móveis para apoiar a comunicação;
- Social média: A utilização de social média tem sido referida na literatura da indústria 4.0 como um modo eficaz de melhorar o processo de produção. Por exemplo, é um método eficaz de melhorar o recrutamento, a gestão de projetos e as redes de clientes. Os aplicativos de social média, oferecem às equipas a oportunidade de visualizar, partilhar, anotar e sincronizar planos em *tablets* e em nuvem e assim facilitar as comunicações entre si.

Tendo em conta o aumento da atenção da pesquisa à Internet das Coisas (IoT), Liao et al. (2017) defendem que os governos e as indústrias perceberam essa tendência e agiram para usufruírem desta nova onda de revolução industrial. Baseado na pesquisa de Rafael et al. (2014), os autores Liao et al. (2017) também referem que desde 2011 o governo dos Estados Unidos realizou discussões e fez ações e recomendações, sob o título de 'Advanced Manufacturing Partnership (AMP)', para garantir que os EUA estivessem prontos para comandar a próxima geração de manufatura.

Também, em 2012, o governo alemão apresentou o plano de ação "Estratégia de Alta Tecnologia 2020", ao qual destinou despesas orçamentais relevantes que permitam o desenvolvimento de tecnologias de ponta. A "Industrie 4.0" representa as ambições alemãs no setor manufatureiro de acordo com os trabalhos de Liao et al., (2017) que citam Kagermann, Wahlster e Helbig (2013). Entre outros países que reconhecem esta mudança futura da indústria, o governo francês introduziu o programa "La Nouvelle France Industrielle", destacando vários setores estratégicos como prioritários da sua política industrial (Conseil national de l'industrie, 2013). Liao et al., (2017) também referem que Reino Unido, Japão, China, Singapura e Coreia do Sul realizaram iniciativas para enfrentar, desenvolver e estarem preparados para o novo futuro de manufatura. Os autores não ignoraram as iniciativas da Comissão Europeia como as 'Fábricas do Futuro (FoF)' em 2014 no âmbito do programa Horizonte 2020 que estima atribuir cerca de 80 bilhões de euros de financiamento disponível ao longo de 7 anos (2014-2020) (Comissão Europeia, 2016). Além dos governos, as grandes empresas enfrentam essa nova revolução industrial com muita atenção. AT&T, Cisco, General Electric, IBM e Intel criaram o 'Industrial Internet Consortium (IIC)' em 2014 para melhorar e gerir as prioridades e tecnologias da Internet Industrial (Liao et al., 2017 com base nos trabalhos de Evans e Annunziata, 2012). Mais recentemente, associaram-se outras grandes empresas como a Siemens, a Hitachi, a Bosch, a Panasonic, a Honeywell, a Mitsubishi Electric, a ABB, a Schneider Electric e a Emerson Electric que dedicaram grandes investimentos ao desenvolvimento de projetos de IoT (Liao et al., 2017). A 4ª revolução industrial, ou Indústria 4.0, está entre as temáticas mais discutidas nos últimos anos. Liao et al., (2017) analisam os progressos acadêmicos da quarta revolução industrial compilando uma revisão sistemática da literatura em torno da temática "Industry 4.0" em todo o mundo. Os autores referem que as palavras-chave relacionadas aos recursos da Indústria 4.0 são automação, integração, colaboração, otimização, digitalização, inovação e personalização, flexibilidade, segurança e proteção, sustentabilidade, qualidade, produtividade e eficiência. Em relação às tecnologias, os temas mais referenciados são: tecnologias de modelagem, virtualização e visualização, *Big Data*, tecnologia em nuvem, tecnologia de tomada de decisão, tecnologia de comunicação, tecnologia de *data mining*, tecnologia de aprendizagem de máquina e tecnologia de impressão 3D.

Santos et al. (2017) efetuaram uma revisão das publicações sobre *roadmaps* tecnológicos estratégicos emitidos pela Comissão Europeia, organizações relacionadas e Plataformas Tecnológicas. Através de análise de citações realizada em publicações, o objetivo foi avaliar os caminhos evolutivos e qual o grau de convergência para a Indústria 4.0. Santos et al. (2017) defendem que, através de *drivers* organizacionais, tecnológicos e de

inovação, e aplicando os princípios da Indústria 4.0, como interoperabilidade, virtualidade, capacidade em tempo real, descentralização, orientação a serviços e modularidade, serão alcançadas conquistas importantes a nível industrial. Essas conquistas serão correspondência de oferta e procura, produtos e serviços inteligentes, customização em massa, controle de produção descentralizado, cadeia de suprimentos conectada, inovação de ciclo de vida conectada, redes de colaboração ágeis e excelência operacional orientada por dados. Os autores também concluem que tecnologias como Sistemas Embarcados, Sistemas Ciber-Físicos, Internet das Coisas, Sensoriamento, Computação em Nuvem, Sistemas Baseados em Agentes, Robótica e Manufatura Aditiva foram desenvolvidas após 2011. De acordo com princípios de design, como conectividade, a virtualidade, a análise em tempo real e a tomada de decisões, a descentralização, a orientação para o serviço e a modularidade também foram encontradas em roteiros da Comissão Europeia, organizações relacionadas e plataformas tecnológicas, após 2011.

O termo Indústria 4.0 representa a quarta revolução industrial, definida como um novo nível organizacional e de controle sobre toda a cadeia de valor do ciclo de vida dos produtos, voltada para as necessidades dos clientes cada vez mais individualizados (Rüßmann et al, 2015). O objetivo central da Indústria 4.0 é atender às necessidades individuais dos clientes, o que afeta áreas como gestão de pedidos, pesquisa e desenvolvimento, comissionamento de fabricação, entrega e até mesmo a utilização e reciclagem de produtos (Neugebauer et al., 2016). A necessidade da Indústria 4.0 é converter as máquinas comuns em máquinas autoconscientes e de autoaprendizagem para melhorar o seu desempenho geral e a gestão de manutenção com a interação circundante (Lee et al., 2014).

Vaidyaa et al. (2018) propõem-se analisar os nove pilares da Indústria 4.0 identificados por Rüßmann et al. (2015), referindo os desafios e problemas que ocorrem com a indústria 4.0:

- i) O Big Data e o Analytics: abrangem a recolha e avaliação de dados de diferentes equipamentos e sistemas de produção. A análise de dados previamente gravados é usada para descobrir as ameaças ocorridas em diferentes processos de produção no início do setor e também prever os novos problemas que ocorrem, bem como as várias soluções para impedir que isso ocorra novamente na indústria (Bagheri et al, 2015);
- ii) O robô autónomo: é usado para executar o método de produção autónoma de forma mais precisa e também trabalhar nos locais onde os trabalhadores humanos encontram ambientes mais hostis. Robôs autónomos podem completar determinada tarefa de forma precisa e inteligente dentro do prazo determinado e também se concentrar em segurança, flexibilidade, versatilidade e colaboração (Almada-Lobo, 2016);
- iii) As simulações: serão usadas mais extensivamente nas operações da fábrica para alavancar dados em tempo real para espelhar o mundo físico num modelo virtual, que pode incluir máquinas, produtos e seres humanos, reduzindo assim os

tempos de configuração da máquina e aumentando a qualidade. A qualidade da tomada de decisões pode ser significativamente melhorada tornando-a mais fácil e rápida com a ajuda de simulações (Stock e Seliger, 2016);

- iv) A Integração do Sistema: Integração Horizontal e Vertical do Sistema - A integração e a auto-otimização são os dois principais mecanismos utilizados na organização industrial. A integração digital completa a automação de processos de fabricação na dimensão vertical e horizontal implicam também uma automação de comunicação e cooperação, especialmente ao longo de processos padronizados (Erol et al., 2016; Witkowski, 2017);
- v) A Internet das Coisas: significa uma rede mundial de objetos endereçados interconectados e uniformes que comunicam através de protocolos padrão (Hozdić, 2015);
- vi) Segurança Cibernética e Sistemas Ciber-Físicos: a necessidade de proteger sistemas industriais críticos e linhas de fabricação de ameaças de segurança cibernética aumenta dramaticamente. O intercâmbio contínuo de dados é realizado através da ligação inteligente de sistemas físicos cibernéticos com a ajuda de sistemas em nuvem em tempo real (Stock e Seliger, 2016);
- vii) A Nuvem: com a indústria 4.0, a organização precisa aumentar o compartilhamento de dados entre os *sites* e as empresas, ou seja, alcançar tempos de reação em milissegundos ou até mais rápido (Rüßmann et al. 2015);
- viii) Manufatura Aditiva: com a Indústria 4.0, os métodos de manufatura aditiva serão amplamente utilizados para produzir pequenos lotes de produtos customizados que ofereçam vantagens de construção, como desenhos complexos e leves. Diminuir os ciclos de vida dos produtos associados à crescente procura de produtos customizados requerem uma maior transformação nas estruturas organizacionais e a um aumento de complexidade (Brettel, 2014);
- ix) Realidade Aumentada: a indústria pode usar a realidade aumentada para fornecer aos trabalhadores informações em tempo real para melhorar a tomada de decisões e os procedimentos de trabalho. Os trabalhadores podem receber instruções de reparo ou do modo como substituir uma peça em particular, na medida que estão a observar o sistema real que necessita de intervenção (Rüßmann et al. 2015).

Mas há alguns desafios e problemas importantes que ocorrem durante a implementação da indústria 4.0 nas unidades produtivas atuais, como Vaidyaa et al., (2018) referem: i) mecanismo inteligente de tomada de decisão e negociação, ii) protocolos IWN de alta velocidade, iii) Big Data e Analytics; iv) modelagem e análise de sistemas, v) segurança cibernética, vi) artefactos físicos modulares e flexíveis e vii) problemas de investimento.

Em termos gerais, a Indústria 4.0 foi comparada e utilizada de forma intercambiável com a quarta revolução industrial (Sung, 2018). No entanto, para o autor, este último comporta uma transformação sistémica que inclui um impacto direto sobre a sociedade civil, estruturas de governança e identidade humana, além das ramificações económicas e de

produção. O termo "quarta revolução industrial" tem sido aplicado a desenvolvimentos tecnológicos significativos ao longo dos anos, e o seu significado está no centro do debate académico. A Indústria 4.0, por outro lado, enfoca especificamente a manufatura no contexto atual e, portanto, está separada da quarta revolução industrial em termos de âmbito (Hermann et al., 2016).

É muito importante reconhecer e avaliar os efeitos económicos da Indústria 4.0, nomeadamente a digitalização dos processos de produção (Sung, 2018). O autor afirma que esses desenvolvimentos envolvem desafios consideráveis na empresa e a nível político. Nesta linha, Wolter et al. (2015) identificam um conjunto de desafios: i) questões de segurança de TI; ii) confiabilidade e estabilidade necessárias para comunicação máquina a máquina crítica (M2M), incluindo latência curta e estável; iii) necessidade de manter a integridade dos processos de produção; iv) impedir qualquer problema de TI, o que originaria dispendiosas interrupções de produção; v) proteger o *know-how* industrial (também incluído nos arquivos de controlo de equipamentos de automação industrial); vi) falta de habilidade adequada determina a agilizar a marcha rumo à quarta revolução industrial; vii) ameaça de redundância do departamento corporativo de TI; viii) relutância geral a mudanças por partes interessadas; ix) perda de muitos empregos para processos automáticos e processos controlados por TI, especialmente para alguns setores da sociedade.

Sung (2018) refere que ainda é cedo para especular sobre questões de emprego com o advento da Indústria 4.0, no entanto, os trabalhadores terão de adquirir novas habilidades. Isso pode ajudar a reduzir as taxas de desemprego, mas também contribuirá para alienar um número significativo de trabalhadores. Os setores de atividade nos quais o trabalho é mais repetitivo e rotineiro enfrentam um enorme desafio para manter os seus empregos. Sistemas educacionais inovadores e significativamente diferentes devem ser desenvolvidos, no entanto, podem não ser suficientes para resolver o problema dos trabalhadores subalternos qualificados. Este é um problema que pode levar muito tempo para que seja resolvido.

A revolução em curso irá desencadear impactos positivos e negativos. Para Kane et al., (2015), o grande desafio que se coloca, com a reestruturação empresarial, prende-se de facto com a destruição de um número significativo de postos de trabalho, fruto da alteração dos perfis profissionais, pelo que se torna necessário alterar e adequar a oferta formativa no domínio da educação e no desenvolvimento de novos perfis profissionais (Weber, 2015).

Contudo, prevalecem países como a Coreia do Sul, nos quais a quarta revolução industrial tem um maior índice de aceitação face à Indústria 4.0, na medida em que o governo prefere utilizar a quarta revolução industrial para atrair maior atenção dos líderes da indústria e do público (Sung, 2018). Schwab (2016) argumenta que estamos no início da quarta revolução industrial, suportada na revolução digital com a internet muito mais omnipresente e móvel, sensores de menor dimensão e mais potentes, mais económicos e acessíveis caracterizada pela inteligência artificial e aprendizagem da máquina. Por outro lado, os países da UE que lideram a Indústria 4.0 ou a quarta revolução industrial estão a

planear roteiros de médio ou longo prazo numa perspetiva nacional e estão a desenvolver infraestruturas e redes inovadoras. Como principais participantes desses roteiros surgem os institutos de pesquisa, universidades, indústrias, governos centrais e locais, e operam de forma autónoma com base em mecanismos de coordenação rígidos (Trade Brief, 2017).

O desenvolvimento da indústria 4.0 cria assim a necessidade de adquirir conhecimentos que potenciem o “pensamento digital” para que, desse modo, a gestão dos processos seja efetuada de forma distinta, com trabalhadores mais autónomos e com poder de decisão individualizada (Scheer, 2012).

A transformação envolve um esforço por parte das empresas/instituições, colocando-se inúmeros desafios que têm constituído um obstáculo a que algumas empresas e setores se encontrem numa fase mais avançada de integração das novas tecnologias. De acordo com Oesterreich e Teuteberg, (2016), a indústria da construção é o setor onde ainda não ocorreu uma adoção generalizada das tecnologias da indústria 4.0, prevalecendo, no entanto, bons exemplos sobre a adoção de práticas de novas tecnologias na digitalização e automatização de processos. De entre os desafios que se colocam há a referir: custos elevados de implementação, mudanças organizacionais e de processo, segurança e proteção de dados, necessidade de pessoal qualificado em todos os níveis organizacionais capaz de lidar com a crescente complexidade dos futuros sistemas de produção (Erol et al., 2016). Por outro lado, os benefícios na adoção das novas tecnologias estão claramente identificados: melhoria na qualidade de produtos e de comunicação, economia de tempo e de custos e melhoria nas relações com os clientes/consumidores (Oesterreich e Teuteberg, 2016).

Uma das ferramentas essenciais para a indústria 4.0 é a internet das coisas (IoT), que consiste na integração de todos os dispositivos inteligentes constituintes de uma mesma realidade. A digitalização que inclui a internet, as tecnologias móveis e a conectividade em alta velocidade, condicionando os modelos de negócio estabelecidos (Zoroja, 2015), induzindo uma “complexidade cruzada” traduzida na interação entre os elementos da comunidade, nos media digitais, no *hardware*, sensores, nuvens e microprocessadores (Porter e Heppelmann, 2014). O facto de todos os elementos estarem ligados em rede, leva a que, o modo de pensar e realizar os negócios se altere, passando a incorporar a internet e a conectividade (Peterlin et al. 2015).

Atualmente, a Internet liga as pessoas através de computadores pessoais, *tablets* e *smartphones*. No futuro estarão ligadas através de pequenos dispositivos que podem ser sensores (simples ou complexos) ou microcomputadores com autonomia sem necessidade de uma fonte de alimentação adicional para vários anos ou décadas, conectados por internet sem fio (Lee e Lee, 2015).

De acordo com a literatura, a internet das coisas (IoT) pode ser classificada do seguinte modo:

- Infraestruturas inteligentes: a incorporação de dispositivos inteligentes pode melhorar a flexibilidade, fiabilidade e a eficiência na operação de infraestruturas,

aumentar o valor acrescentado, reduzir os custos de mão-de-obra e melhorar a segurança. Irão desempenhar um importante papel na mobilidade das cidades inteligentes, permitindo, por exemplo, controlar a disponibilidade de estacionamento e o controlo de tráfego (Baunsgaard e Clegg, 2015).

- Cuidados de saúde: a integração de sensores permitirá controlar pacientes e enviar informação médica (Pang et al., 2015). A indústria têxtil produzirá *T-shirts* capazes de avaliar as calorias despendidas, sensores de movimento, informação cardíaca, etc. (Upton e Stein, 2015).
- Cadeias de abastecimento: a Internet das Coisas (IoT) pode melhorar a eficiência logística da cadeia de abastecimento, com informação mais pormenorizada e atualizada, melhorando a rastreabilidade do produto (Flügel e Gehrman, 2009, Zhengxia e Laisheng, 2010).
- Segurança e privacidade: a Internet das Coisas (IoT) sem fios e as redes públicas de internet estão sujeitas à extorsão, pelo que a transferência de dados deve ser criptografada (mecanismo de segurança e privacidade que torna a comunicação ininteligível para quem não tenha acesso aos códigos de “tradução” da mensagem). A transferência e armazenamento de dados em “nuvens” deve ser efetuado de forma livre (Zhou et al., 2015).

Os sistemas Ciber-Físicos utilizam componentes eletrónicas, em muitas circunstâncias invisíveis, mas acessíveis através da utilização de produtos de ponta. Os sistemas embarcados desempenham um papel relevante: incorporam inteligência nos objetos, dispositivos e outros equipamentos. Com o desenvolvimento da banda larga de alta velocidade e a Internet das Coisas (IoT), os Sistemas Ciber-Físicos, incorporaram um número muito significativo de dispositivos ligados ao mundo físico capazes de trocar dados entre si, aceder a serviços da web e interagir com as pessoas (Dujin et al., 2014). As componentes individuais dos diferentes dispositivos interagem mutuamente, aumentando significativamente a sua complexidade.

Em geral, um sistema Ciber-Físico caracteriza-se por duas componentes funcionais principais: (1) a conectividade avançada que garante a aquisição de dados em tempo real a partir do mundo físico e *feedback* de informação do espaço cibernético; e (2) gestão inteligente de dados, análise e capacidade computacional que constrói o espaço cibernético (Lee, et al., 2015).

O *Big Data* constitui um elemento fundamental para a economia e para as nossas sociedades, assumindo um papel semelhante às categorias clássicas dos recursos humanos e financeiros. A necessidade de tratar informação geográfica, estatística, meteorológica, de investigação, de transporte, de consumo de energia ou de saúde, impulsiona a inovação tecnológica, o desenvolvimento de novas ferramentas e capacidades (Dujin et al., 2014). Os grandes dados referem-se a um elevado volume de informação produzido rapidamente por um número significativo e diversificado de fontes. Os dados podem ser criados por pessoas ou gerados por máquinas, tais como sensores de recolha de informações climáticas, imagens de satélite, imagens digitais e vídeos, registos de transações de

compra, sinais de GPS, etc., abrangendo muitos setores, desde a saúde aos transportes e passando pela energia. A criação de valor ao longo da cadeia estará no centro da futura economia do conhecimento. A correta utilização de dados proporcionar novas oportunidades para os setores mais tradicionais, como por exemplo, os transportes.

A conectividade com a Internet, no âmbito das ações Mercado Único Digital, destina-se a fornecer ligação segura, omnipresente e de alta qualidade (Gigabit) que irá aumentar a utilização de serviços e aplicações baseadas na nuvem. Os dados do Eurostat (2014) revelam o estado da União Europeia no que diz respeito à utilização da Computação em Nuvem pelas empresas. As principais conclusões referem que: 19% das empresas da UE utilizaram a Computação em Nuvem em 2014, principalmente para alojar os sistemas de *e-mail* e armazenar arquivos em formato eletrónico; 46% dessas empresas utilizam serviços avançados de nuvem relacionados com aplicações de *software* financeiro e contabilístico, gerindo a relação com os clientes ou a utilização de computadores para desenvolver negócios. O desenvolvimento do mercado de Computação em Nuvem e a prestação eficiente de serviços em nuvem dependem da capacidade de gerar economias de escala. O estabelecimento de um mercado único digital irá permitir desenvolver a dimensão necessária para que a Computação em Nuvem atinja a sua atividade plena no contexto Europeu.

A *European Cloud Initiative* pretende reforçar a posição Europeia na gestão inovadora de dados, melhorar a competitividade e a coesão e ajudar a criar um mercado único digital na Europa. A *Iniciativa Europeia Cloud* – procura incentivar a criação de uma economia de dados e conhecimentos competitivos na Europa reforçando a inovação orientada para a gestão de dados, melhorar a competitividade e a coesão e ajudar a criar um Mercado Único Digital na Europa. Esta iniciativa vai permitir aos investigadores, empresas e serviços públicos explorar plenamente os benefícios do *Big Data*, tornando possível partilhar e reutilizar dados entre mercados, instituições e investigadores. O acesso aberto a dados de investigação pode reforçar a competitividade empresarial europeia, nomeadamente, empresas jovens e PME's, constituindo um estímulo para a criação de novas indústrias.

A Comissão Europeia criou, em Junho de 2016, uma plataforma especializada para a modernização industrial inteligente. As ações de apoio a centros de competência, tais como I4MS, SAE, Fi-Ware têm demonstrado não só um aumento de competitividade das indústrias existentes, nomeadamente para as PME's, mas também a criação de empresas em novos produtos e serviços digitalizados. É ambição da Comissão concentrar 500 milhões de euros nos próximos cinco anos do orçamento do Horizonte 2020 para estas ações. Alguns centros de competência bem-sucedidos podem ser referidos, como por exemplo, o *cluster* de microtecnologia no Sul da Alemanha, onde o Instituto Fraunhofer e os Laboratórios Universitários desempenham um papel fundamental, ou o ecossistema de inovação digital de Grenoble em torno dos Institutos franceses como o CEA e o INRIA. Há espaço para que mais centros de competência ligados a Universidades Técnicas ou organizações de investigação, proporcionem às empresas e, em particular às PME's, capacidade para inovar, nomeadamente, em termos digitais. Além de transferir

tecnologia de ponta para as empresas, devem prestar acompanhamento financeiro, espaço de experimentação e ajuda formativa aos trabalhadores (Comissão Europeia, 2017).

A criação do Mercado Único Digital pretende abrir oportunidades digitais para as pessoas e negócios e reforçar a posição da Europa como líder mundial na economia digital. Este caracteriza-se pela livre circulação de pessoas, serviços e capitais onde os indivíduos e as empresas podem facilmente aceder e exercer atividades *on-line*, em condições de concorrência leal, independentemente da sua nacionalidade ou do seu local de residência.

A criação de valor na Indústria 4.0 tem como principais indutores os equipamentos, os recursos, a estrutura organizacional, as tecnologias de produção e os produtos. Os equipamentos produtivos caracterizam-se pela aplicação de máquinas-ferramentas e robôs flexíveis, com capacidade de adaptação às alterações dos fatores de criação de valor (Kagermann et al., 2015).

Ao nível dos recursos humanos, os trabalhadores serão cada vez mais especializados, a desempenhar tarefas de curto prazo cada vez mais difíceis de planear. Controlam equipamentos cada vez mais autónomos, integrados em processos descentralizados de tomada de decisão (Ganschar et al., 2013).

A complexidade crescente do sistema industrial não pode ser gerida a partir de uma estrutura organizacional centralizada. Deste modo, a tomada de decisão será descentralizada, com base na informação disponível, tendo como principais atores os trabalhadores ou o equipamento com recurso à inteligência artificial (Kletti e Zukunftskonzept, 2015). A indústria 4.0 preconiza uma produção caracterizada por pequenas redes de produção descentralizadas e digitalizadas que atuam de forma autónoma e, por conseguinte, capazes de controlar eficazmente as suas operações em resposta a alterações do ambiente e a objetivos estratégicos. Os nós da rede, designados por fábricas inteligentes, estão ligados a uma cadeia de valor mais extensa, que tem em conta as necessidades do mercado (Erol et al., 2016).

As tecnologias de produção como a Impressão 3D serão cada vez mais utilizadas nos processos de criação de valor, com custos de produção cada vez menores e ganhos significativos em termos de velocidade e precisão. Deste modo, torna-se possível elaborar peças mais complexas, resistentes e leves (Hagel et al., 2015).

Os produtos serão produzidos em lotes de acordo com as necessidades individuais do cliente. Esta personalização em massa do produto leva a que o cliente seja integrado mais cedo na cadeia de valor. O produto físico far-se-á acompanhar com novos serviços que oferecem funcionalidades adicionais ao utente (Hagel et al., 2015).

Na indústria 4.0 as atividades de rotina, que incluem tarefas de monitorização, serão total ou parcialmente desempenhadas por máquinas, e os trabalhadores desempenharam funções cada vez mais centradas em atividades criativas, inovadoras e comunicativas (Erol et al., 2016). As atuais localizações de atividades ligadas à investigação e desenvolvimento em centros privilegiados formaram-se sob condições históricas e circunstâncias espaciais e a sua reprodução noutros locais depende da confluência

favorável de um conjunto de fatores: institucionais, recursos, formas de integração social, cultura, etc., que conferem uma enorme complexidade ao processo.

2.2. Condicionantes e requisitos da Indústria 4.0

Cresce o número de iniciativas de criação de parques tecnológicos e incubadoras, que procuram reproduzir a combinação de fatores, tais como, a presença de instituições do ensino fortemente orientadas para a investigação, capital de risco, mão-de-obra qualificada, relações sociais entre os agentes e o espaço, facilidade de transportes e comunicações, entre outras.

No entanto, a dinâmica dos processos de implementação das indústrias de elevada tecnologia segue uma lógica espacial própria, que inclui elementos não considerados pela tradicional teoria da localização industrial (Barquette, 2002).

A confluência local de elementos favoráveis ao desenvolvimento de empresas *high tech*, denomina-se “meio inovador” (Castells, 1989). Sem a presença de um *meio inovador*, a indústria de alta tecnologia poderá contribuir para a reindustrialização de uma região ou para reforçar as políticas de desenvolvimento regional, porém a sua eficácia no estabelecimento de um espaço inovador a longo prazo ficará circunscrito às fortes limitações impostas pelos ciclos económicos desse setor.

Entre os novos fatores de localização da indústria moderna encontram-se os incentivos fiscais, o acesso aos mercados globais, a proximidade a centros de ensino e investigação, disponibilidade de capital, cultura empreendedora, integração em rede, motivações pessoais dos investidores, etc. (Schmenner, 1982; Azzoni, 1981).

Pelo facto das novas indústrias se estruturarem na ciência e estarem fortemente dependentes da inovação, um dos elementos críticos da localização é a presença de profissionais altamente qualificados, com conhecimentos em áreas específicas (Spolidoro, 1997). De facto, processos de produção digitalizados e geridos de forma inteligente exigem que os colaboradores sejam capazes de perceber os conceitos básicos das tecnologias de rede e processamento de dados (Erol et al., 2016). Para os serviços de engenharia, um profundo conhecimento das inter-relações entre os componentes eléctricos, mecânicos e de computação constitui uma competência fundamental (Dworschak et al., 2011; Spath et al., 2013; Erol et al., 2016) no desenvolvimento de produtos e processos inovadores (Erol et al., 2016). Para Erol et al. (2016), o *software* e um conjunto massivo de dados constituem-se elementos-chave para planear e controlar de forma inteligente as fábricas do futuro. Deste modo, os engenheiros deverão possuir conhecimentos atualizados sobre arquiteturas de *software*, modelação e técnicas de programação (Dworschak et al., 2011). Além disso, os métodos estatísticos e as técnicas de mineração de dados são competências-chave para os futuros profissionais da produção (Gehrke et al., 2013). Assim, os avanços na tecnologia dos materiais exigirão maiores conhecimentos ao nível de novos processos de produção (e.g. impressão 3D) (Forfas, 2013; Cleary e Vickers, 2014; Erol et al., 2016).

A presença de instituições de ensino e investigação, com capacidade para desenvolver um ambiente inovador, cria condições para a formação de um potencial científico necessário às empresas de elevada tecnologia (Dorfman, 1983). O desenvolvimento em rede, os contactos face a face e, portanto, a proximidade física entre os agentes inovadores, devem continuar a desempenhar um papel relevante (Guedes e Hermes, 1997). A interação entre os diversos agentes tem de ser privilegiada, contribuindo para a formação de redes de comunicação e parcerias, intensificando a troca de informação e de pessoas, que permitam criar as sinergias necessárias para despertar e sustentar o potencial inovador da comunidade, estabelecendo um “processo de inovação contínuo” (Camagni, 1989).

Para enfrentar a elevada complexidade e diversidade dos desafios da Indústria 4.0 Prinz et al. (2016), sugerem as “fábricas de aprendizagem” (*learning factories*) como forma adequada de treino, preparação e instrução dos trabalhadores da Indústria 4.0. No que diz respeito a competências, os autores assinalam, entre outras, a necessidade de saber lidar com grandes volumes de dados e informações e de utilizar novos métodos e tecnologias, que serão elementos-chave do trabalho na Indústria 4.0. Iniciativas no âmbito das fábricas inteligentes, têm, na verdade, crescido nos últimos anos (Abele et al., 2015). O termo “fábrica de aprendizagem” tem origem em 1994 quando a *National Science Foundation* (NSF) nos EUA concedeu a um consórcio liderado pela Penn State University uma bolsa para desenvolver uma unidade com estas características. Uma infraestrutura de nível universitário com 2.000 m² equipada com máquinas, materiais e ferramentas foi desenvolvida para suportar centenas de projetos patrocinados pela indústria, desde 1995. Este modelo inicial de fábricas de aprendizagem enfatiza a experiência prática adquirida através da aplicação do conhecimento apreendido no culminar da formação em engenharia para resolver problemas reais da indústria e desenvolver ou reformular produtos que satisfazem necessidades específicas (Jorgensen et al., 1995; Lamancusa et al., 2008; ElMaraghy e ElMaraghy, 2014). O recurso a “fábricas de aprendizagem” tem aumentado, particularmente na Europa e tem assumido formas distintas, variando em dimensão e sofisticação, procurando melhorar a experiência de aprendizagem dos formandos nas diversas áreas do conhecimento (Abele et al., 2015). O nome “fábrica de aprendizagem”, como a junção das duas palavras “aprendizagem” e “fábrica”, deve ser empregue em sistemas que em simultâneo contemplem elementos de aprendizagem, ou ensino, e ambiente de produção (Wagner et al., 2012, citado por Abele et al., 2015). A palavra “aprendizagem”, em oposição a “ensino”, enfatiza a importância da aprendizagem experimental – aprender fazendo dá origem a uma maior retenção de conhecimentos relativamente aos métodos tradicionais de aprendizagem (Abele et al., 2015).

Um dos desafios mais importantes da economia atual passa por criar as condições que permitam desenvolver o potencial inovador das economias nacionais, fortalecer as indústrias inovadoras, aumentar o consumo dos produtos inovadores, desenvolver a competitividade das empresas nacionais, numa perspetiva de crescimento, de independência económica e prosperidade (Ushakov, 2012).

Os fatores determinantes da capacidade inovadora de um país são condicionados pelo sistema educativo, pela maior/menor integração da população no ambiente global, pela

transparência do desenvolvimento e seleção de projetos inovadores e pelo grau de proteção dos direitos de propriedade intelectual (Freeman, 1995). A análise do ambiente inovador dos países revela uma clara liderança dos EUA, dos países da Europa do Norte e da Europa Ocidental, Israel e Japão. Entre os primeiros quarenta países encontram-se também os que desenvolvem estratégias nacionais de inovação (Europa Oriental, Tailândia, Malásia, Brasil) ou que são recetores de novas tecnologias (EAU, México, Argentina e Chile). Nestes países, os fatores de desenvolvimento económico, estão associados à inovação enquanto fator de competitividade e atratividade do investimento e à necessidade de criar condições para desenvolver a capacidade inovadora nacional (ex: criação de infraestruturas, formação, etc.) (Ushakov, 2012).

O ambiente inovador de qualquer empresa industrial é condicionado por fatores macro e micro ambientais (Rolik, 2013). No ambiente macro, distinguem-se quatro áreas estratégicas: a social (conflitos sociais, transportes e comunicação), a tecnológica (mercados de tecnologias e informação científica e técnica), a económica (impostos, incentivos, clima de investimento nacional/regional) e a político-ambiental da empresa (planos e programas regionais, ambiente legislativo). Este é constituído pelas áreas estratégicas da envolvente, condicionando os objetivos e as estratégias inovadoras.

Da envolvente macroeconómica fazem parte um conjunto de fatores dos quais cabe realçar: o investimento em infraestruturas, a taxa de juros praticadas pelos bancos comerciais, os índices de fluxos de entrada e saída que permitem estimar o investimento interno no país.

No âmbito interno (micro) é possível identificar um conjunto de condicionantes, nomeadamente: i) capacidade de gestão económica e segmentação de mercado: nível de concorrência, relações com consumidores e o estabelecimento de parcerias; ii) a capacidade de investimentos; iii) novas áreas tecnológicas e recursos de informação científica e técnica; iv) disponibilidade de combustíveis, energia e recursos materiais e técnicos, v) mercado de trabalho especializado, gestores e trabalhadores e vi) prevalência de grupos de impacto estratégico (a nível do sector, região, cidade, distrito, etc.) (Rolik, 2013).

A incorporação do digital nas empresas industriais tem impacto nas cadeias de valor tanto a nível local como global (Deloitte, 2015). Através desta tecnologia, o custo de produção pode ser reduzido e as empresas capazes de entregar produtos/serviços personalizados com mais eficiência. Além disso, a digitalização permite que as empresas otimizem não apenas etapas de produção individuais, mas também toda a cadeia de valor. Através da digitalização, as empresas são capazes de adquirir vantagem competitiva e tornarem-se mais eficientes (Rüßmann et al., 2015). A ligação mais intensa entre máquinas e produtos aumenta a eficiência das operações industriais e permite às empresas tornarem-se mais competitivas. A possibilidade de reunir e analisar dados com o recurso a equipamentos centralizadas gera processos muito mais rápidos, mais flexíveis e eficientes que permitem desenvolver produtos de qualidade a custos reduzidos, a aumentar a produtividade, as economias de escala e criar vantagens competitivas (Rüßmann et al., 2015).

Num estudo sobre a atratividade da Indústria 4.0 alemã, Balasingham (2016) identifica seis fatores (infraestruturas de tecnologias de informação, dimensão empresarial, relutância à mudança, a idade da empresa, os recursos financeiros e os recursos humanos) que condicionam de forma significativa a implementação de uma estratégia digital. O autor conclui que as infraestruturas de tecnologia de informação e a dimensão da empresa condicionam positivamente a implementação dos processos digitalizados. Por outro lado, a escassez de recursos financeiros, a incapacidades dos trabalhadores, a relutância à mudança e a idade da empresa têm uma correlação negativa com a implementação dos procedimentos da Indústria 4.0. Refere ainda que o tecido industrial alemão, com a adoção da digitalização, aumentou a competitividade, flexibilidade, qualidade e eficiência e reduziu os custos. Como impactos negativos evidencia o risco cibernético e os requisitos dos sistemas de segurança. Conclui que as infraestruturas de TI são a “espinha dorsal” dos procedimentos da Indústria 4.0 como a rede digitalizada, a robótica, as fábricas inteligentes, na medida em que permitem o fluxo eficiente de processos.

O segundo fator, com influência positiva na transformação digital, é a dimensão empresarial. As grandes empresas industriais possuem mais recursos financeiros que lhes permite implementar a Indústria 4.0. Além disso, a experiência tecnológica passada constitui um forte apoio ao processo de transformação. Pelo contrário, as PME's detêm reduzidos recursos financeiros e conhecimentos especializados que lhes permitam implementar processos digitais. Acresce a dificuldade sentida para recrutar trabalhadores qualificados com perfis específicos capazes de gerir processos de produção digitais.

O terceiro fator decorre da relutância à mudança, que está negativamente relacionado com a digitalização. As expectativas dos gestores de topo e colaboradores relativamente aos requisitos da Indústria 4.0 não são claras e, portanto, apresentam resistência à mudança.

A idade da empresa tende a desempenhar também um papel importante no processo de digitalização. As empresas da Indústria 4.0 esforçam-se por desenvolver novas oportunidades de mercado. Mas, a implementação de novos projetos e alterações da estratégia negocial só serão consideradas quando se revelam rentáveis. Para um número significativo de empresas indústrias alemãs o risco em desenvolver completamente novas tecnologias e processos é muito elevado, na medida em que desempenham um lugar de relevo nos negócios tradicionais.

Quanto aos recursos financeiros, estes são por natureza escassos, especialmente nas PME's, sendo insuficientes para financiar o investimento que a alteração do processo produtivo exige. O crédito bancário pode constituir uma alternativa, mas as empresas, face à incerteza que lhe está associada, não estão dispostas a incorrer em riscos elevados.

Por fim, a falta de capacidades de recursos humanos. É evidente que a transformação tecnológica exige perfis específicos de competências aos colaboradores da empresa. Estas competências podem ser adquiridas através de um processo de reconversão interna e/ou pela contratação de novos colaboradores.

2.3. O Ecossistema da IoT e a sua aplicação a novos produtos e serviços

2.3.1. Conceitos e modo de funcionamento

Segundo Palattella *et al.* (2016), o paradigma da IoT vem revolucionar a forma como vivemos e trabalhamos com o surgir de uma imensidade de serviços, baseados na interação entre dispositivos heterogêneos (máquinas, animais, pessoas, objetos, etc).

Recentemente emergiram diversas tecnologias de comunicação que irão potenciar a total implementação da IoT. Estas tecnologias heterogêneas, fragmentadas e complementares, que caracterizam a paisagem da conectividade atual, tornam possíveis ligações e comunicação de elementos inimagináveis até hoje.

Algumas dessas tecnologias são prevalentes em domínios específico de aplicações, tais como o *Bluetooth Low Energy*, em redes de área pessoal e a *Zigbee* em sistemas de automação residencial. Outros, como *WiFi*, redes de área larga e de baixa potência (*LPWA- Low power wide área*) e comunicações móveis (tais como 3GPP - 4G e a próxima 5G), têm um âmbito muito mais amplo (5G atinge mais objetos e maior alcance). Acresce que, esta realidade está em constante e rápida mutação com o advento das novas tecnologias, paralelamente com as existentes, em novos domínios de aplicação.

Palattella *et al.* (2016) avaliam as implicações da IoT em função dos impactos que originam no consumo privado e industrial.

O denominado *Consumer IoT* procura melhorar a qualidade de vida das pessoas, economizando tempo e dinheiro. Envolve a interconexão de dispositivos eletrónicos de consumo, bem como, de qualquer objeto integrado em ambientes domésticos, escritórios e cidades. Por outro lado, o *Industrial IoT* concentra-se na integração entre tecnologia operacional e tecnologia da informação, assim como, as máquinas inteligentes, sensores em rede e análise de dados que podem melhorar os serviços *business-to-business* (B2B) em diferentes setores de atividade. Por exemplo, a monitorização de processos na produção de produtos químicos, rastreamento do movimento de veículos, entre outros, ou como parte de um sistema auto-organizado, com controlo distribuído sem intervenção humana (fábricas autónomas).

O advento das comunicações 5G representa um elemento potencialmente disruptivo no contexto da IoT. A taxa de transferência de dados aumenta, a latência *end-to-end* será reduzida (tempo de emissão e chegada dos dados ao destino) e assiste-se a uma melhor cobertura em relação à rede 4G, permitindo garantir os requisitos associados às aplicações mais exigentes da IoT, em termos de exigências de comunicação. O apoio a grandes

quantidades de dispositivos permite uma visão da verdadeiramente Internet das Coisas global.

A tecnologia *Low Power Wide Area* (LPWA) surgiu recentemente e focada em aplicações *low-end* IoT que exigem dispositivos de baixo custo, tempo de vida útil da bateria elevado, pequenas quantidades de dados trocados, uma área para a qual os sistemas celulares M2M (*Machine to machine* - máquina para máquina) tradicionais não foram otimizados. O termo LPWA, introduzido pela *Machina Research*¹ no mercado, é sinónimo de elevado alcance, baixo custo, baixa potência e baixo consumo de bateria. Projetado principalmente para redes M2M, este sistema opera em espectro sem licença, por exemplo da ANACOM em Portugal, e está atualmente disponível em várias soluções (*Amber Wireless, Coronis, CIoT da Huawei, LoRa, M2M Spectrum Networks, NWave, On-Ramp Wireless, Senaptic, Sigfox*, entre muitos outros). Embora a maioria dessas tecnologias esteja presente no mercado há algum tempo, foi a Sigfox, com a sua estratégia de Operador de Rede, que recentemente lançou no mercado a LPWA.

Naito (2017) considera a IoT como um conjunto de sensores que emitem informação capturada por uma qualquer rede de comunicações e também todo o tratamento da informação massiva que, entretanto, é armazenada. Tipicamente os sensores na rede IoT têm pouca memória, utilizam pouca energia e reduzida capacidade computacional. Existe alguma semelhança entre o M2M (*Machine to Machine*) e a IoT, contudo, este último conceito envolve a prestação de um serviço, enquanto, a colaboração automática entre equipamentos, está associada ao M2M, de acordo com Naito (2017).

A intervenção da IoT na Indústria 4.0 é extrema, com uma interconexão contínua do domínio digital e físico. A informação em tempo real, o *Big Data*, a conexão entre pessoas, objetos e sistemas, levará à individualização de produtos e serviços em larga escala e, portanto, a uma mudança de controle da cadeia de valor. A imaginação não tem limites, tudo o que pode ser sensorizado possibilitará incorporar equipamentos que transmitem, através de um sistema de comunicação, os dados coletados, depositando-os numa nuvem (loja virtual de informações), a partir da qual podem ser desenvolvidos sistemas analíticos de informação processando e gerindo, atuando ou permitindo uma tomada de decisão mais precisa. É possível fornecer um serviço ou vender um produto com maior valor acrescentado, reduzindo defeitos, aumentando desse modo a qualidade final.

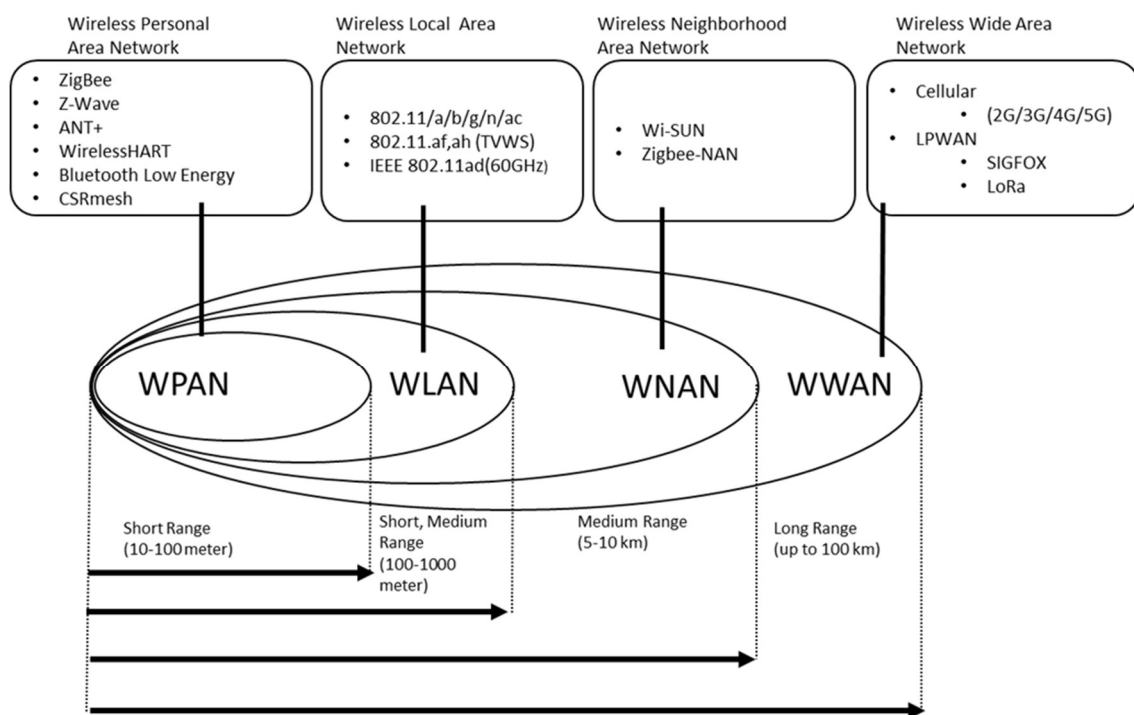
Segundo Qin et al. (2016), o roteiro tecnológico da realização da Indústria 4.0 ainda não se tornou claro até ao momento presente, quer a nível da indústria quer académico. Aqueles autores centram-se na conceção fundamental da Indústria 4.0 e no estado dos sistemas de fabricação atuais. Indicam que preside à tecnologia associada à Indústria 4.0 uma inteligência diferente, podendo ser classificadas por um nível de controlo, de integração e inteligência superiores. Qin et al. (2016) indicam ainda que no nível de automação (controlo), as tecnologias, como os computadores, efetuam um controlo numérico, controlo lógico programável e análise de estatísticas e de probabilidades, etc.,

¹ Machina Research é o principal fornecedor mundial de inteligência de mercado e visão estratégica sobre a emergente Internet das Coisas.

sendo usadas para substituir a força de trabalho e otimização da eficiência produtiva. Já ao nível de integração, a tecnologia IoT e CPS (*Cyber-Physical System*) será aplicada na fabricação com base no nível de controle das tecnologias, gerando a interação digital, ambiente e redes. Não liga apenas o *hardware*, mas também constrói a comunicação entre os sistemas de controle. Os dados são recolhidos através de sensores, máquinas, linhas de produção ou controle de fabricação e sistemas de gestão, e também receciona informação proveniente do exterior à unidade produtiva, como o *feedback* dos clientes e o fornecimento da cadeia produtiva. A esse nível, aumenta a informação, torna-se mais valiosa, ajudando os gestores a melhorar o processo produtivo. Ao nível de inteligência, a produção usa dados ou informações obtidas a partir do nível de integração para criar o planeamento e tomar decisões de tecnologias inteligentes, como mineração avançada de dados e *Big Data* para análise de dados. Além disso o sistema de fabrico pode ser auto-consciente, auto-otimizado, auto-configurável, etc., conceitos associados à Indústria 4.0.

A IoT requer várias tecnologias de comunicação necessárias para providenciar os serviços. A figura 1 descreve as tecnologias existentes em função da distância e do consumo energético.

Figura 1: As tecnologias chave sem fios no desenvolvimento da IoT.



Fonte: Naito (2017), pp 24.

Segundo Naito (2017) as tecnologias de comunicação dividem-se em 4 grandes grupos:

- *Wireless Personal Area Network* (WPAN) de alcance reduzido;
- *Wireless Local Area Network* (WLAN) de alcance mais abrangente;

- *Wireless Neighborhood Area Network* (WNAN) de alcance moderado;
- *Wireless Wide Area Network* (WWAN) de grande alcance - e dentro desta o *Low Power Wide Area Network* (LPWAN): uma nova categoria de comunicação sem fios que suporta comunicações a longa distância, baixo consumo e pouco volume de dados.

Por exemplo, a tecnologia Sigfox é caracterizada por ser bidirecional e exige uma rede montada para assegurar a cobertura numa determinada área. A LoRa apresenta um sistema em LPWAN e exige de igual modo estações base para cobrir determinado território. Estas duas últimas tecnologias são provavelmente as que irão ter uma grande procura neste setor da IoT. As grandes operadoras de telecomunicações esforçam-se em encontrar sistemas de comunicações alternativos, por exemplo a 5G.

A exigência da IoT levou a ser equacionado o protocolo de comunicações *IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Network* (6LoWPAN) desenhado para sensores com baixo poder energético e de baixas capacidades de processamento.

Chiariotti *et al.* (2017) referem que as tecnologias LPWA foram recentemente propostas como solução definitiva para garantir o acesso aos dados no âmbito da IoT. Especificamente projetados para conectividade M2M, as tecnologias LPWA fornecem bitrates (velocidade de transferência de dados) muito baixos, baixo consumo de energia e ampla cobertura geográfica. Os autores também referem como tecnologias LPWA relevantes a LoRaWAN, Sigfox e Ingenu. A evolução destas tecnologias tem, até agora, seguido um caminho paralelo ao dos sistemas celulares (rede móvel) embora a próxima geração (5G) das tecnologias de comunicação sem fio em termos globais preveja uma convergência de todos os serviços numa plataforma comum, aliás como também defendem Palattella *et al.* (2016). Muito recentemente, o contexto foi enriquecido pela nova proposta do Projeto de Parceria de 3ª Geração (*3GPP-3rd Generation Partnership Project*), que finalmente lançou as especificações da tecnologia de Internet das Coisas de Banda Estreita (*NB-IoT-Narrow band IoT*). Embora tenha sido a última das tecnologias, a NB-IoT pode usufruir da presença generalizada da infraestrutura celular existente, constituindo, esta, um importante ativo competitivo. Em qualquer caso, essas tecnologias são bastante limitadas em termos de capacidade de transmissão e a perspectiva de implantação maciça exige o estudo de protocolos de gestão mais avançados.

A IoT junta o mundo digital e o mundo físico sendo considerada a rede da próxima geração ou a Internet futura (Yan *et al.* 2008 e Castillejo *et al.*, 2013). A IoT permite, através de um sensor ou uma etiqueta RFID (*Radio-Frequency Identification*, que é um *transponder - Transmitter-responder*)², colocado numa pessoa, animal, equipamento, embalagem ou produto, de entre outros, dar vida e capacidade de comunicação quer a seres vivos quer a objetos inanimados.

As tecnologias que sustentam o IoT, como o *Radio Frequency Identification* (RFID), *Electronic Product Code* (EPC) e *Wireless Sensor Networks* (WSNs), permitem fornecer

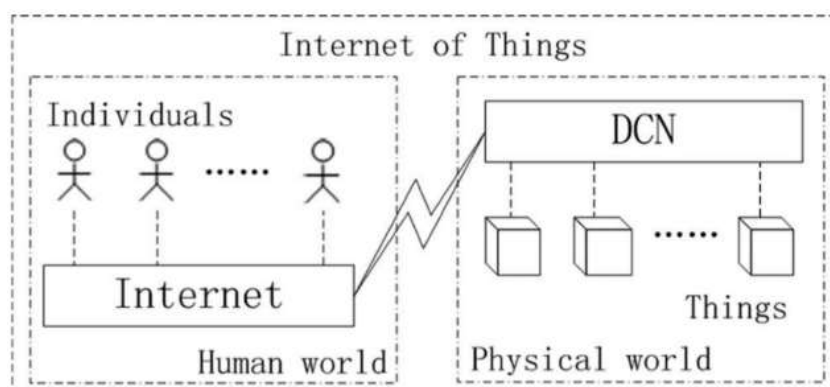
² É um dispositivo de comunicação eletrónico cujo objetivo é receber, amplificar e retransmitir um sinal associado a um objeto)

soluções técnicas que ajudam a compreender o ambiente, identificando produtos e localizando objetos.

Embora a comunicação não seja o objetivo final da IoT, a rede é uma componente essencial para este sistema. A rede fornece aos utilizadores um instrumento rápido e económico de partilhar informações, ligar utilizadores/objetos que estão geograficamente dispersos e oferece oportunidades de serviço.

A IoT quebra a barreira entre o mundo humano e o mundo físico, tornando possível sentir o mundo físico através de meios digitais (Figura 2).

Figura 2: o paradigma da IoT.



Fonte: Shang *et al.* (2016), pp 252.

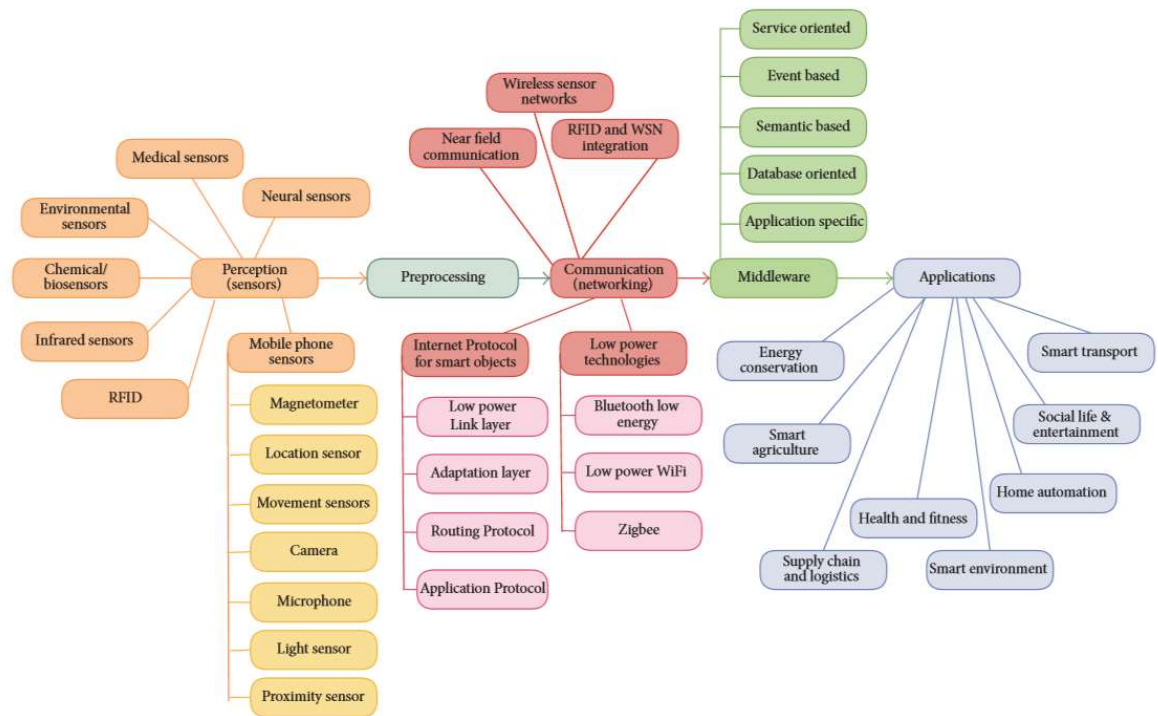
De acordo com Shang *et al.* (2016) a IoT não é um formato de rede específico, mas uma ideia, um projeto sistémico que permite a todos os dispositivos e sistemas trabalharem em conjunto, obtendo informações em tempo real, de contexto, bem como obter o *feedback* de outros sistemas de trabalho e finalmente analisar os dados recolhidos. Shang *et al.* (2016) antecipam uma verdadeira revolução e oportunidade de negócio à escala mundial no âmbito da IoT.

De acordo com Sethia e Sarangi (2017), a IoT refere-se a um novo tipo de mundo em que quase todos os dispositivos e aparelhos que utilizamos estão conectados a uma rede. Podemos ambicionar dar vida aos objetos e solicitar tarefas complexas que exigem um elevado grau de inteligência. Para essa inteligência e interconexão, os equipamentos da IoT estão apetrechados com sensores, atuadores, processadores e transdutores. A IoT não é uma tecnologia única é um conjunto de várias tecnologias que trabalham em rede.

Os dados recolhidos pelos sensores têm de ser armazenados e processados de forma inteligente com o propósito de extrair conclusões. Um telefone móvel ou um forno de micro-ondas pode incorporar um sensor que forneça dados sobre o seu estado de conservação. Já um atuador é um equipamento que permite, por exemplo, alterar a temperatura de um ar condicionado.

Sethia e Sarangi (2017) descrevem na Figura 3 o panorama estrutural da IoT. Para os autores o ecossistema da IoT divide-se em sensores, que podem muito bem ser os nossos telemóveis, a comunicação dos dados recolhidos, o armazenamento dos dados e, por fim, o seu tratamento e transformação em informação de gestão destinada a diferentes atividades de valor acrescentado.

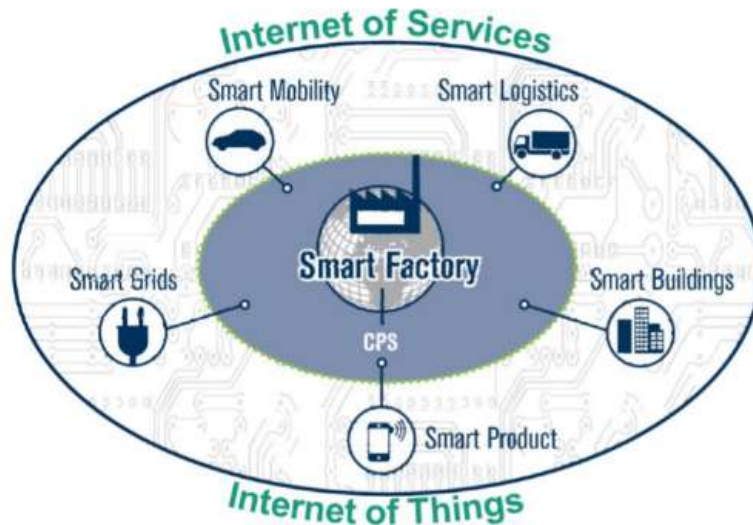
Figura 3: O panorama estrutural da IoT



Fonte: Sethia e Sarangi (2017), p.15.

Landherr *et al.* (2016) defendem a proliferação de novas soluções que surgem nas áreas da IoT e da Indústria 4.0. A forte conexão do mundo físico, dos serviços e do mundo digital pode melhorar a qualidade das informações necessárias ao planeamento, à otimização e funcionamento de sistemas produtivos. Os sistemas Ciber-Físicos podem ser utilizados na indústria para produzir bens personalizados em grande escala (Figura 4).

Figura 4: A IoT e a indústria 4.0



Landherr *et al.* (2016), pp. 26.

A intervenção da IoT na Indústria 4.0 é extrema, com uma interligação contínua do domínio digital e físico. A informação em tempo real, o *Big Data*, a ligação entre pessoas, objetos e sistemas, levará à individualização dos produtos e serviços em grande escala e desse modo a uma alteração de controlo da cadeia de valor.

A indústria 4.0 terá de interligar sistemas sociotécnicos de valor agregado (aproveitando e tratando dados de forma útil), componentes como sensores, atuadores, humanos, plataformas de *software* que possibilitem ligações, comunicações e aplicações que proporcionam funcionalidades adicionais ao domínio físico.

A indústria da IoT vai permitir desenvolver novas atividades. Por exemplo, atualmente o governo alemão financia um projeto designado *Application Center Industrie 4.0* assente em 3 pilares fundamentais de desenvolvimento. O primeiro centra-se no desenvolvimento, no teste e na demonstração de novas soluções no domínio dos sistemas ciberfísicos para a indústria transformadora (*CPS-Cyber Physical Systems*). O segundo, concentra-se no desenvolvimento de tecnologias de produção de aditivos como a fusão a laser seletiva (*SLM-selective laser melting*), a sinterização seletiva a laser (*SLS-elective laser sintering*) ou a modelagem de deposição fundida (*FDM fused deposition modeling*) para tornar a produção mais rápida e mais barata, permitindo um controlo do produto na própria linha de fabrico. No terceiro, estão a ser desenvolvidas novas formas de ligação digital entre objetos físicos, com o propósito de as utilizar como instrumentos de comunicação de dados e simulação de cenários cada vez mais realistas. Atendendo à diversidade dos objetos na produção, a plataforma de comunicações e de *software* deve ser cada vez mais flexível e poderosa para atender às necessidades futuras no IoT.

2.3.2. Aplicações presentes e futuras da IoT

Hoje, tudo o que se puder sensorizar é passível de incorporar um equipamento que transmita vida a um qualquer sistema de comunicações dos dados sensorizados e depositá-los numa nuvem, a partir do qual se poderão desenvolver sistemas analíticos para tratamento de informação e, assim, gerir, atuar, ou seja, servir e prestar um serviço.

Os principais sensores disponíveis no mercado podem agregar-se do seguinte modo:

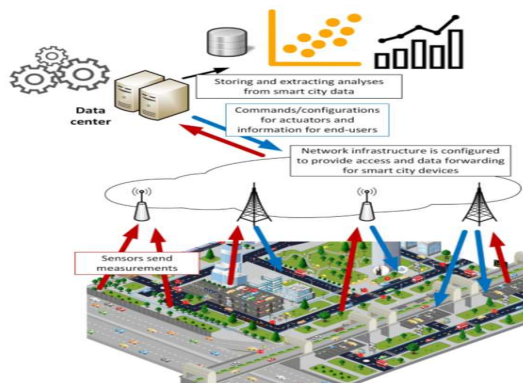
- Acústica, som, vibração
- Automóveis, transportes
- Químicos
- Corrente elétrica, potencial elétrico, magnético, rádio
- Velocidade de fluxo, fluido
- Radiação ionizante, partículas subatômicas
- Navegadores e georreferenciação
- Posição, ângulo, deslocamento, distância, velocidade, aceleração
- Ótico, luz, imagem
- Pressão
- Força, densidade, nível
- Térmicos
- Proximidade, presença

Uma das aplicações do IoT mais perceptíveis faz-se sentir nas cidades inteligentes (*Smart City*). O conceito de *Smart City*, para Chiariotti *et al.* (2017), consiste em prestar serviços, através de máquinas e equipamentos instalados nas cidades, que melhorem a vida dos utentes. Para os autores será fundamental no âmbito da *Smart City* a análise de aglomerados/congestionamento de pessoas em partes específicas através da deteção por câmaras, por sensores de tráfego nas ruas ou por *hotspots* que permitem aos serviços urbanos, planear o seu desenvolvimento e organização futura, monitorizar hábitos sociais, aumentar a segurança nessas áreas ou executar eventos promocionais.

O objetivo da IoT no âmbito de uma *Smart City* (Figura 5) será maximizar o conforto das pessoas, aliado à poupança de energia, minimizar o consumo de eletricidade, aquecimento, ventilação e ar condicionado das principais estruturas da cidade. Também o estudo da logística e da gestão dos lixos e águas constitui um elemento muito relevante na economia urbana. O controlo do correio e encomendas, a gestão otimizada da recolha de lixos e os consumos de água e gás com o *smart metring*, acrescido de uma prestação de serviços de valor acrescentado à população residente, são vetores fundamentais do crescimento de uma cidade. Também nos transportes públicos - autocarros, comboios e

táxis, a IoT permite fornecer horários, destinos, tráfego e propiciar ao usuário a melhor combinação de infraestruturas e minimizar o custo e o tempo despendido.

Figura 5: O ambiente de uma *Smart City* (cidade inteligente) e a interação das tecnologias.



Fonte: Chiariotti *et al.* (2017), página 2.

Também o controle dos sinais de tráfego remotamente, a monitorização dos parques de estacionamento superficiais e subterrâneos, a automatização dos edifícios, a partilha de carro e bicicleta são atributos enquadráveis no âmbito das *Smart Cities*.

De acordo com o referido, os sensores podem utilizar diferentes conexões locais, como *RFID*, *NFC*, *Wi-Fi*, *Bluetooth* e *Zigbee*. Os sensores também podem ter conectividade em áreas mais extensas, como *GSM*, *GPRS*, *3G* e *LTE*. Ou seja, a IoT liga quer as coisas vivas como as inanimadas e apresenta uma ampla variedade de aplicações.

Segundo Magesh *et al.* (2016), os produtos IoT podem ser classificados em cinco categorias diferentes: *smart wearable* (objetos utilizáveis), casa inteligente, cidade inteligente, ambiente inteligente e empresa inteligente. Os produtos e soluções IoT em cada um desses mercados têm características distintas. As aplicações de monitorização ambiental da IoT, normalmente, utilizam sensores para auxiliar a proteção ambiental, supervisionando a qualidade do ar ou da água, condições atmosféricas ou do solo e podem inclusivamente monitorizar o movimento dos animais selvagens e seus habitats. Outras aplicações, como sistemas de alerta que permitam antecipar terremotos ou *tsunami*, também podem ser utilizados por serviços de emergência para prestar uma ajuda mais eficaz. Os dispositivos IoT, normalmente abrangem uma vasta área geográfica e permitem a mobilidade constante dos sensores.

Também a gestão das infraestruturas rurais e urbanas, tais como pontes, vias férreas, explorações marítimas e em *offshore* constituem uma aplicação-chave da IoT. Esta infraestrutura pode ser usada para monitorizar qualquer evento ou alteração de condições estruturais que possam comprometer a segurança ou aumentar o risco.

A IoT aplica-se de igual modo na indústria; os sistemas inteligentes IoT permitem a produção rápida de novos produtos, a resposta dinâmica à procura e a otimização em

tempo real das redes de produção e cadeia de abastecimentos, através da gestão das máquinas em rede com o recurso a sensores e sistemas de controlo conjuntos.

A aplicação pode ser estendida à área da saúde e bem-estar monitorizando e controlando pacientes, o seu comportamento, em todas as idades, mas predominantemente na idade avançada, onde, por vezes, a ausência de familiares leva ao seu constante isolamento.

A gestão energética constitui outra das aplicações mais relevantes. A integração de sistemas de deteção e atuação, ligados à Internet, permite otimizar o consumo de energia como um todo. Espera-se que os dispositivos IoT sejam integrados em todos os equipamentos que consomem energia (interruptores, tomadas, lâmpadas, televisores, etc.) e uma vez ligados ao fornecedor permitam gerir a produção e o consumo de energia. Esses dispositivos oferecem a oportunidade aos utilizadores de controlar remotamente os seus dispositivos ou geri-los centralmente através de uma interface alojada na nuvem e ativar funções avançadas como a programação (por exemplo, ligar ou desligar remotamente sistemas de aquecimento, controlar fornos, alterar as condições de iluminação etc.). Na gestão de edifícios os dispositivos IoT podem ser usados para monitorizar e controlar os sistemas mecânicos, elétricos e eletrónicos utilizados em vários tipos de edifícios (por exemplo, públicos e privados, industriais, instituições ou residenciais) em domótica e sistemas de automação. O setor dos transportes permite que a aplicação da IoT se estenda a todos os aspetos dos sistemas de transporte (isto é, o veículo, a infraestrutura e ao condutor ou utilizador). Os sistemas de alerta de ocorrência de desastre - recentemente, os desastres naturais (inundações, deslizamentos de terra, incêndios florestais, etc.) e os desastres acidentais (acidentes com minas de carvão, etc.) são cada vez mais frequentes. A IoT pode desempenhar um papel relevante de prevenção e de alerta deste tipo de sinistros. Por exemplo, num desastre numa mina pode utilizar-se sistemas de monitorização de localização e de índices vitais para encontrar e rastrear a saúde dos mineiros.

Lindqvist e Neumann (2017) defendem que a IoT tem o potencial de abranger e instrumentar um conjunto de dispositivos ligados, incluindo eletrodomésticos e utilitários, *wearables* (óculos, relógios, sapatos, pulseiras, camisas, etc.). São diversos os exemplos do modo como a tecnologia móvel pode ser inserida em diferentes acessórios, seja como uma fonte de informação, comunicação ou entretenimento para os seus utilizadores, casas e edifícios industriais, processos industriais, dispositivos médicos, dispositivos de aplicação da lei, equipamentos militares, bem como outras aplicações que hoje podem ser simplesmente imagináveis. Alguns exemplos referidos pelos autores de implementação da IoT nas áreas de risco são: hospitais e estabelecimentos de saúde que cada vez mais vão utilizar dispositivos controlados remotamente. Por exemplo, coisas (objetos), como monitores de pacientes, *scanners* corporais, *pacemakers*, desfibriladores, bombas de infusão, alimentação principal e auxiliar, iluminação, ar condicionado e muitos outros. Também os setores de infraestruturas críticas, como energia elétrica, petróleo, gás natural, produção e transporte, podem usar dispositivos IoT como sensores e atuadores para automatização e monitoração e controle remoto. Os automóveis interligados autoconduzidos e automatizados devem ser claramente considerados como coisas (objetos), especialmente nas autoestradas automáticas do futuro. Demonstrações

recentes da capacidade de assumir remotamente controles críticos de veículos ilustram apenas alguns dos riscos. A IoT procura controlar interruptores, válvulas e motores, mas muitas destas coisas têm baterias - o que sugere a potencial capacidade de causar um incêndio ou explosão por violadores. Portanto, a total segurança de alguns equipamentos constitui um dos aspetos críticos.

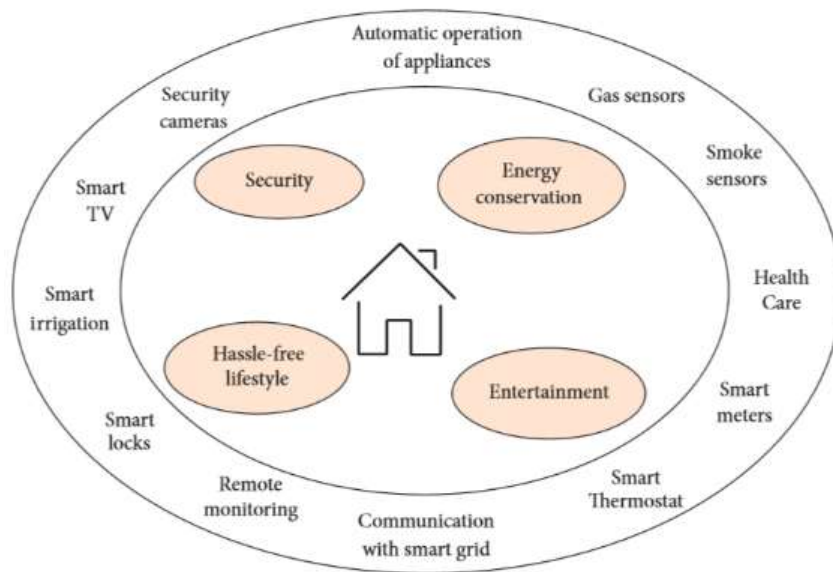
Existem diferentes tipos de sensores ligados à IoT, sendo os principais os seguintes (Sethia e Sarangi, 2017):

- Incluídos nos telemóveis: acelerómetro (deteta o movimento e a aceleração, velocidade de um telemóvel). O giroscópio deteta a orientação do telefone com muita precisão.
- A câmara e o microfone são sensores muito poderosos; além da informação visual, que pode ser analisada e processada para detetar variados tipos de informações contextuais, também o microfone pode ser usado para análises variadas. O magnetómetro deteta campos magnéticos, podendo ser usado como uma bússola digital ou em aplicações que detetam a presença de metais. O GPS (*Global Positioning System*) infere a localização do telefone, que é uma das peças mais relevantes de informação.
- Os sensores de luz refletem a intensidade da luz num determinado ambiente. O sensor de proximidade utiliza um LED infravermelho (IR), que emite raios infravermelhos. Os autores indicam ainda que existem alguns telemóveis que têm um termómetro, barómetro e sensor de humidade que permite medir a temperatura, pressão atmosférica e humidade, respetivamente.
- Também referem sensores médicos destinados a aplicações de cuidados de saúde. Estes podem medir e monitorizar vários sinais vitais no corpo humano nomeadamente, a frequência cardíaca, pulso, pressão arterial, temperatura corporal, taxa de respiração e níveis de glicose no sangue. Estes *wearables* (objetos usáveis) incluem: relógios inteligentes, pulseiras, pensos de monitoramento e têxteis inteligentes. De igual modo, assume relevo os sensores neurais, que permitem compreender os sinais neurais no cérebro, inferir o seu estado, e treiná-lo para uma melhor atenção e foco. Este conjunto de procedimentos é conhecido como *neuro-feedback*.

O grupo dos sensores ambientais e químicos assumem de igual modo relevância acrescida, na medida em que permitem detetar parâmetros do ambiente físico tais como, a temperatura, humidade, pressão, poluição da água e poluição do ar.

A figura ilustra 6 exemplos de vários tipos de sensores aplicados numa casa inteligente

Figura 6: Exemplo de uma casa inteligente com a IoT.



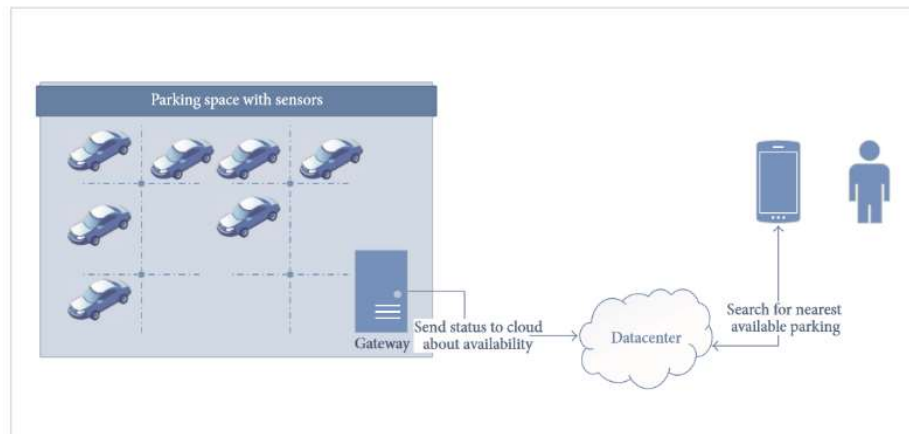
Fonte: Sethia e Sarangi (2017), página17.

Veja-se a variedade de aplicações apenas no âmbito de uma casa particular inteligente e as ramificações que pode induzir ao nível de um vasto conjunto de novos negócios. Estes poderão passar desde a segurança, a irrigação, a gestão da energia (gás, eletricidade), os consumos (água), a gestão da temperatura, e humidade, a precaução com a qualidade do ar passando pela deteção de fumos, gases, etc, à saúde e muito mais. Estes novos negócios induzidos pela IoT serão enormes, estimando-se para 2020 em cerca de 2 biliões de euros³. Como termo de comparação, o PIB alemão é de 3 biliões e o europeu de aproximadamente de 16 biliões de euros.

De facto, as aplicações são inúmeras. Na Figura 7 exemplifica-se um sistema de controle de ocupação, pagamento e de gestão global de um parque de estacionamento. Imagine-se a utilidade para uma câmara, para um gestor do parque, para o utilizador, para a indústria que fabrica os sensores, que desenvolve a plataforma, que propicia as telecomunicações, etc. O efeito multiplicador em termos económico deste setor é decerto bastante superior ao dos setores tradicionais do Turismo e da Construção Civil, ferramenta largamente utilizada pelos governos para dinamizar as economias. Assim, uma Câmara Municipal que induzisse e apoiasse o estabelecimento de unidades industriais associadas a este ecossistema decerto iria colher enormes benefícios dado a perspetiva de crescimento deste negócio no decorrer da próxima década.

³ <http://www.computerworlduk.com/data/internet-of-things-how-take-advantage-of-2-trillion-opportunity-3632058/>

Figura 7: Esquema da IoT aplicada a um sistema de parking.



Fonte: Sethia e Sarangi (2017), página18.

2.3.3. Riscos e desafios associados à IoT.

Iyer (2016) antecipa que em 2020 estarão 50 mil milhões de objetos ligados, no entanto, não é claro o modo como todo o ecossistema se relaciona com a IoT, corroborando as preocupações de Magesh *et al.* (2016). Aquele autor alerta para cinco aspetos a ter em conta na evolução da IoT:

- i) A fragmentação - fornecedores de soluções de ponta a ponta (*end to end*) na indústria de *software* deve fazer-se em várias empresas, cada uma apoiando uma fase do processo distinto desta indústria no âmbito da IoT;
- ii) As parcerias - na indústria de *software*, os seus fornecedores devem trabalhar sobre variadas plataformas, como Windows e Linux;
- iii) Deve-se também compreender o modo como o domínio exterior da IoT lhe pode ser estendido. As grandes empresas das indústrias não-IoT (ex., Samsung, Apple e Alphabet) começam a desenvolver esforços para dominarem o ecossistema de IoT. O reconhecimento da marca e o seu peso institucional pode proporcionar-lhes vantagens competitivas;
- iv) O primeiro passo da IoT passa por construir a infraestrutura de comunicações para recolha os dados. Por exemplo, a SIGFOX, uma empresa francesa fundada em 2009, estabeleceu um nicho para si própria como fornecedor de rede sem fios que conecta dispositivos de IoT de baixa energia. ThingWorkx e Xively da PTC também são dois dos fornecedores de plataforma que ajudam os dispositivos a conectar-se e a transferir dados para a nuvem. Várias empresas como a ARM, a Intel e a Qualcomm estão a desenvolver chips de *hardware* de baixa potência, que são essenciais para o desempenho, fiabilidade e longevidade da IoT;
- v) A integração e interoperabilidade entre os equipamentos e sistemas são fundamentais. Um mesmo sensor deve ser capaz de comunicar dados via *bluetooth*,

wifi, e outros sistemas de comunicação alternativos mais ligados ao IOT (ex. Sigfox, LoRa).

Mas a revolução da Indústria 4.0 e da IoT necessita de novas capacidades técnicas e profissionais por parte das pessoas envolvidas. Madsen *et al.* (2016), tendo por base a revisão da literatura e dois estudos de caso, concluíram que obrigatoriamente terá de haver um acréscimo substancial nas capacidades profissionais e de formação para enfrentar os desafios complexos da Indústria 4.0. Esta realidade de mudança do panorama da IoT ainda não constitui uma preocupação nas competências profissionais e do ensino profissional. A tecnologia mais complexa do futuro exigirá novas competências e formação profissional. Esta nova realidade colocará uma pressão crescente sobre as instituições do Ensino Superior no sentido de complementar a formação dos alunos e dos seus docentes.

Magesh *et al.* (2016) alertam para o facto de a IoT se tornar uma realidade quando ultrapassar alguns desafios, nomeadamente ao nível da segurança dos dados, da sua capacidade de alojamento e do *software* para os tratar. O IoT é um ecossistema complexo não tendo sido ainda dominado por nenhum dos seus principais atores. Os autores alegam ser ainda difícil determinar os desafios e as oportunidades de negócios para as empresas que procuram aderir a esta movimentação transnacional.

Lindqvist e Neumann (2017) referem também alguns riscos associados ao impacto desta nova tecnologia, nomeadamente quanto os objetos projetados, ao fim e propósito da sua utilização, o modo como vai ser implementada e gerida e de que forma as forças de mercado condicionam esse desenvolvimento. O primeiro risco prende-se com a segurança e a fiabilidade das informações e o modo como podem ser violadas. Se os veículos ou dispositivos médicos são remotamente atacados por gente maliciosa, podem causar ferimentos ou até morte por alguém que viole estas comunicações ou o armazenamento dos dados, adulterando o seu tratamento. A manipulação de sensores ou inserção de desinformação pode causar indiretamente outros riscos para a saúde, induzindo derramamentos de produtos químicos, perturbando os sistemas de energia, ou alterar o percurso de veículos. Assim, a segurança humana passa a constituir uma questão fundamental em muitas circunstâncias.

Também Lindqvist e Neumann (2017) referem que a instalação e integração fácil e sem obstáculos geram vantagens para os clientes, contudo não constitui uma motivação suficiente para que a segurança seja ignorada. Torna-se necessárias implementar normas para facilitar as instalações interoperáveis envolvendo dispositivos de diferentes fornecedores. Os protocolos de conexão não devem ser tão simplistas e precários como são hoje. Os autores alegam que o futuro pode ser muito obscuro, a não ser que se preste uma atenção pró-ativa que torne possível decidir quais os objetos que possam ser realisticamente implementados com sabedoria e sem risco. Deve assim ser assegurado que coisas (objetos) benéficas possam ser integradas assegurando a fiabilidade necessária a todo o sistema, situação que ainda hoje não existe, segundo Lindqvist e Neumann (2017).

Também ao nível das comunicações existem vários desafios, que têm a ver com o consumo de energia nas comunicações, a identificação dos equipamentos e a sua mobilidade que poderão prejudicar as comunicações (Sethi e Sarangi, 2017).

A quantidade massiva de dados armazenada na nuvem, processada e tratada, gera dificuldades futuras, nomeadamente no que respeita à mobilidade (os sensores podem estar em movimento trazendo problemas de comunicação com a nuvem), as comunicações entre e para o equipamento demoram tempo (a latência) podendo prejudicar-se a fiabilidade e a informação em tempo real (Sethi e Sarangi, 2017). O aumento do número de equipamentos ligados acresce os problemas para a nuvem em termos de requisitos necessários e latência. Os problemas de bateria vão decerto existir nos sensores, na medida em que se estiverem permanentemente em comunicação a duração da bateria é limitada.

A atratividade de empresas que incorporem tecnologias ligadas à indústria 4.0 assume, assim, cada vez maior importância por parte das regiões.

2.4. Fatores de atratividade

O denominador comum às diferentes estratégias prosseguidas pelas regiões deve contemplar os seguintes aspetos (IDA, 2012; CE, 2013):

- Um "ecossistema" em que uma variedade de componentes, materiais, sistemas de produção e subsistemas e serviços de produção interajam em conjunto;
- Um sistema produtivo que dê prioridade às tecnologias emergentes e aos novos domínios de investigação;
- As parcerias público-privadas devem ser desenvolvidas em domínios que se estendam dos consórcios pré-concorrenciais até à política de contratos públicos incentivando os apoios à competitividade da indústria transformadora;
- Criação de instrumentos que permitam enfrentar os desafios empresariais em termos de aprendizagem para identificar e dominar as novas necessidades por parte de uma população cada vez mais urbana.

As cidades e áreas metropolitanas são, cada vez mais, reconhecidas como ambientes potenciais de criatividade (Hilpert, 2016) e possíveis impulsionadores do crescimento económico (Moretti, 2012). De fato, as cidades representam mercados emergentes para uma série de novas necessidades às quais devem ser dadas respostas rápidas.

Quando os setores industriais aprendem e têm presente as novas necessidades (Cappellin, 2016), podem desenvolver o "capital territorial" específico e idiossincrático (OCDE, 2001) presente nas cidades (e nas regiões). Este capital engloba um vasto conjunto de competências e conhecimentos, constituindo um pré-requisito para o desenvolvimento da

diversidade e da heterogeneidade tecnológica, que oferecem singularidade e distinção no seio dos mercados globais (Boschma, 2008).

Claramente, as características específicas de cada região exercem uma forte influência na produção inovadora e dão origem a diferentes RIS (*Regional Innovation System*) (Braczyk et al., 1998; De la Mothe e Paquet, 1998; Niosi, 2010; Isaksen e Trippl, 2014). Estes RIS são determinados pelo ambiente inovador das instituições de investigação, pela diversidade da indústria, caracterizada pela variedade relacionada e não relacionada (que, por sua vez, depende das competências acumuladas no nível local), e pela dinâmica da força de trabalho e do mercado de trabalho, que influenciam o nível das relações tecnológico entre as diferentes atividades (Quattraro, 2016).

As políticas industriais devem promover a diversificação e apoiar os *clusters* industriais. Estes exercem impactos positivos na inovação, originam ganhos de produtividade aumentando o empreendedorismo e incentivam a diversificação económica. Nas regiões desenvolvidas, os *clusters* constituem áreas de vantagem competitiva com elevados salários e capacidades (Dolphin, 2014).

Duas intervenções políticas são essenciais para desenvolver *clusters*. Em primeiro lugar, a necessidade de prestar algum tipo de apoio que permita passar da fase de protótipo à fase de produção, uma vez que o processo de intensificação da produção de um novo produto até à sua comercialização constitui em muitas circunstâncias uma etapa difícil nomeadamente para as PME.

A segunda área de intervenção deve incidir nos sistemas de Formação Profissional. Estes, devem proporcionar as competências necessárias às empresas, colmatar as lacunas de competências nos domínios científicos, tecnológicos, engenharia e matemática e de abordar a necessidade de pessoas com qualificações profissionais. O mercado de mão-de-obra qualificada está a crescer rapidamente e muitas empresas referem a escassez regional de competências especializadas e, por conseguinte, têm necessidade de recrutar à escala internacional.

A Indústria 4.0 envolve intercâmbios profundos entre diferentes atores que atuam na eletrónica, engenharia elétrica, engenharia mecânica e TI. Estas redes devem ser particularmente bem desenvolvidas e suportadas por elementos como um bom sistema educativo, parcerias de desenvolvimento estabelecidas entre fornecedores e utilizadores, liderança de mercado nos domínios da engenharia e das instalações mecânicas e forte dinâmica ao nível das PME's.

No desenvolvimento regional, a combinação e a interação criativa dos atores existentes são fundamentais. A região deve ser um espaço dotado de um sistema produtivo, de um conjunto de atores e de uma cultura industrial capaz de originar processos dinâmicos e localizados de aprendizagem coletiva, que sirvam para reduzir a incerteza associada aos processos inovadores (Ratti et al., 1997).

A quarta revolução industrial só será possível em ambientes inteiramente integrados e inteligentes, nos quais que as fronteiras entre a indústria e os serviços e entre os diferentes setores se tornam cada vez menores. O impacto sobre a economia deve gerar uma maior

eficiência, maior flexibilidade, menores custos, menor tempo necessário e adaptações mais rápidas às necessidades dos clientes.

Obviamente, este resultado complexo e ambicioso não pode ocorrer sem um esforço conjunto. A ampliação da cadeia de valor decorre do trabalho em conjunto, da coordenação de investimentos públicos e privados (subsidiados), da proteção legal, de financiamento adequados ao investimento, da formação profissional de todos os trabalhadores sujeitos às alterações que ocorrem nas organizações e no mercado de trabalho.

As regiões que, estimulam um ciclo positivo da inovação produtividade e crescimento encontram-se em termos de competitividade de longo prazo mais bem posicionadas.

Os responsáveis governamentais, cada vez mais, colocam a inovação como uma questão-chave, reconhecendo o seu potencial para promover o crescimento económico e dar resposta aos desafios sociais e ambientais. Isto demonstra que o contexto geográfico é importante nomeadamente pelas suas características sociais, culturais e institucionais (Ratti et al., 1997). Precisamos também de ter presente, o fato de que, os processos de aprendizagem tecnológica são cumulativos e se prolongam ao longo do tempo. As diferenças regionais e os processos de aprendizagem requerem políticas diversas, pelo que, não surpreende que cada região siga o seu próprio caminho.

No West Midlands (Reino Unido), por exemplo, o ressurgir de uma parte da cadeia de valor automóvel tem sido promovido por PME's altamente especializadas em segmentos de *design* automóvel e engenharia, desenvolvendo em simultâneo um conjunto de capacidades relevantes com conhecimentos técnicos e de mercado na mão-de-obra local e de empresas fornecedoras. Deste modo criam-se as condições para que a inovação seja bem-sucedida (Amison e Bailey, 2014; Bailey e De Propis, 2014). Com o objetivo de fortalecer o *cluster* automóvel, o governo do Reino Unido desenvolveu, em 2015, uma "iniciativa para promover a cadeia de abastecimento da indústria avançada", no valor de 245 milhões de libras esterlinas, podendo ser utilizado em investimentos, desenvolvimento de capacidades e treino em projetos de I&D.

No caso da Lombardia (Itália), a estratégia S3 incentiva as grandes empresas a associarem-se a PME's, fornecedores de tecnologia, universidades e instituições de investigação, reforçando a atenção prestada ao mercado em termos de novas necessidades sociais.

Uma nova lei "*Lombardy is research*", procura reforçar a intervenção regional em diferentes domínios, nomeadamente:

- Reforço do governo dos Sistemas de Regiões Inovadoras (RIS) com um comité diretivo e a definição de um programa estratégico de investigação e inovação.
- Desenvolver os instrumentos operacionais necessários à implementação de uma estratégia regional. Estes instrumentos incluem acordos de parceria, concursos públicos pré-comerciais e contratos, esquemas de cofinanciamento e investimentos em infraestruturas digitais.

- Criação de uma agência regional de Investigação, Inovação e Transferência Tecnológica (ARRITT) como elo operacional ao nível político.
- Apoio e promoção de um programa de doutoramento em inovação, um programa de ensino superior que envolva empresas e universidades no domínio da tecnologia e das ciências aplicadas.

Um impacto fundamental das novas políticas industriais direcionadas para inovação, tem em vista o mercado de trabalho. Uma nova indústria exige uma força de trabalho renovada e as implicações políticas deste novo paradigma industrial são portanto de longo alcance e profundamente desafiadoras, sendo de referir que: i) as políticas industriais devem contribuir para a acumulação do conhecimento e da diversificação da produção (Barca, 2009; Garcilazo et al., 2010; Bramanti e Lazzeri, 2016) e ii) assistir-se-á a uma alteração fundamental do mercado de trabalho e das competências exigidas em toda a Europa (Hilpert e Smith, 2012; Beaven et al., 2014).

A abordagem nas regiões baseia-se na necessidade de implementar políticas entre os diferentes níveis de decisão, com o propósito de adaptar as medidas políticas às condições regionais. Uma abordagem regional caracteriza-se pela produção de um conjunto de bens e serviços públicos integrados, adaptados ao local, concebidos e implementados através da obtenção e agregação de preferências e conhecimentos locais através da participação de instituições políticas (Barca, 2009).

Muitas experiências em todo o mundo sugerem que um ciclo virtuoso cumulativo está a desenvolver-se em regiões onde os bens industriais colocados à disposição da comunidade são relevantes. Por exemplo, a gigante farmacêutica suíça Novartis optou por transferir a sede de investigação de Basel, Suíça, para Cambridge, Massachusetts para que, deste modo, possa estar perto de universidades e instituições de investigação que são líderes mundiais nas ciências biológicas e das muitas empresas de biotecnologia já existentes nessa área (Pisano e Shih, 2009).

Em conclusão, as abordagens regionais exigem uma adaptação das estruturas de governo para que possam permitir a formulação e implementação de políticas regionais, capazes de atrair investimentos de ponta, como é o caso da indústria 4.0. Além disso, a qualidade das instituições governamentais tornou-se um fator determinante na melhoria do desempenho regional inovador. Como tal, boas instituições surgem como uma pré-condição para o desenvolvimento do potencial inovador regional e para garantir que os programas locais funcionem adequadamente.

2.5 Estudos realizados no âmbito da indústria 4.0

Desde que surgiu o termo da Indústria 4.0, em 2011, diferentes estudos têm sido realizados, destacando-se o da PWC Global Industry 4.0 Survey em 2016. O estudo foi levado a cabo entre novembro de 2015 e janeiro de 2016 com cerca de 2100 empresas industriais entrevistadas, incluindo Portugal.

O estudo realça a necessidade de identificar estruturas essenciais para a digitalização, nomeadamente reconhece que as pessoas, os consumidores, os fornecedores ou outros stakeholders também têm vindo a mudar. Indica que o desafio não está apenas na tecnologia, mas também na identificação das plataformas e os processos que as empresas devem ter à sua disposição, num futuro muito próximo, para integrar os diferentes interlocutores.

Os principais resultados do estudo da PWC (2016) são os seguintes:

- A digitalização permite obter ganhos significativos na performance: (...) maior capacidade de foco e melhoria nos processos da empresa, não estando apenas focadas apenas num.
- Aprofundar relações digitais com clientes mais interventivos: A Indústria 4.0 veio aumentar significativamente as oportunidades de reter e aumentar a relação com os clientes, tornando a sua fidelização mais intensa.
- Foco nas pessoas e na cultura para facilitar a transformação: O grande desafio não está em implementar as tecnologias mais adequadas, mas sim na transformação cultural da empresa e na ausência de competências para enfrentar a mudança.
- A análise de dados e a confiança são os pilares da Indústria 4.0: A informação é a base da quarta revolução industrial, contudo o enorme crescimento do volume de informação recolhida proporciona pouco valor se não foram utilizadas as técnicas de análise mais adequadas.
- Novas competências de análise de dados requerem alterações significativas: As empresas entendem como ponto crítico as competências necessárias de análise de dados que permitam alcançar o sucesso nos processos de transformação digital. A maturidade digital atual das empresas industriais, em matéria de análise de dados, é ainda reduzida.
- Globalização, com divergências regionais: A Indústria 4.0 deverá permitir criar redes digitais e ecossistemas que, em muitos casos, terão impactos à escala global, podendo ser distintos de região para região, mas que promovem a globalização.
- Investimento significativo com elevado impacto: Globalmente, os nove subsectores industriais entrevistados no estudo estão a prever investir cerca de 907 mil milhões de dólares por ano na Indústria 4.0, durante os próximos 5 anos.

A PwC define as seis etapas essenciais para que a empresa se diferencie da concorrência: i) definir a estratégia para a Indústria 4.0, ii) definir as competências essenciais necessárias, iii) transformar-se numa empresa digital, iv) desenvolver projetos-piloto, v) desenvolver as capacidades de análise de dados e vi) planear ativamente a abordagem ao ecossistema.

Gerar, analisar e comunicar a informação constitui um aspeto fundamental para alicerçar os ganhos que advêm da Indústria 4.0 aliados a uma grande diversidade de novas tecnologias na procura da criação de valor empresarial (Figura 8).

Figura 8 – Tecnologias de informação na Indústria 4.0



Fonte: PWC (2016)

Dos principais resultados extraídos dos inquéritos da PWC (2016) há a referir:

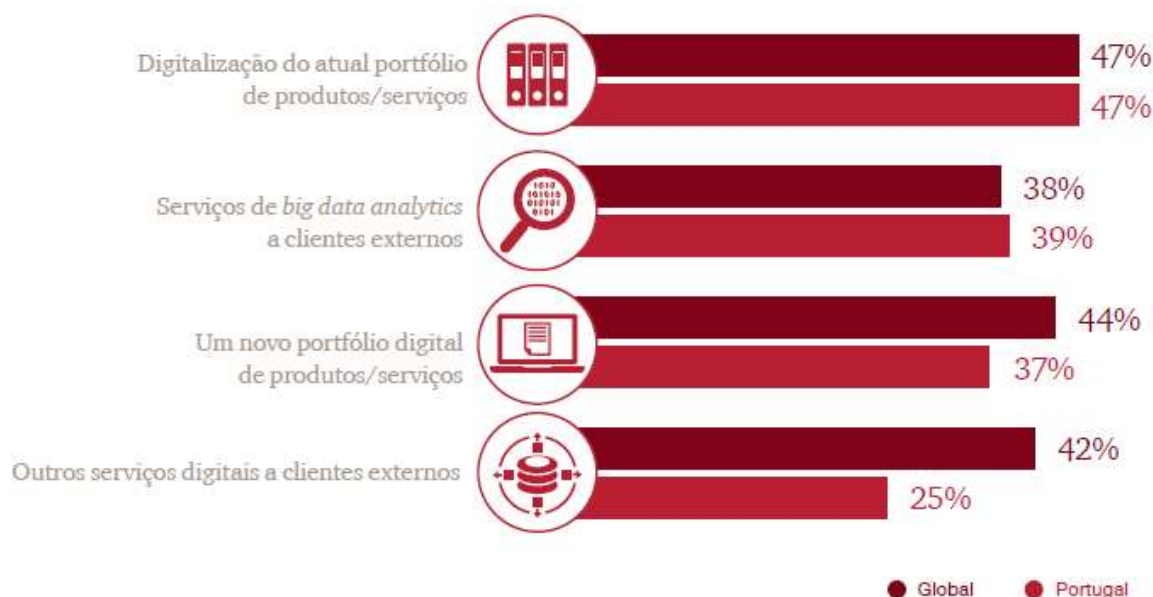
- “Em Portugal apenas 34% das empresas observadas considerou estar num nível avançado de digitalização, o que, face aos números globais (33%), demonstra algum alinhamento.
- 86% das empresas portuguesas do setor industrial têm como expectativas, alcançar elevados níveis de digitalização, nos próximos cinco anos, uma expectativa acima dos resultados globais” (a nível global a percentagem foi de 72%)” (cadeias de valor horizontal e vertical, altamente digitalizados).
- 57% das empresas nacionais inquiridas, através da digitalização, esperam um aumento médio da sua receita até 10%, 55% têm como expectativa uma redução de custos acima dos 10% e cerca de 70% esperam obter ganhos de eficiência acima dos 10%.
- As empresas pioneiras, que já contam com níveis de investimento significativo e com níveis de digitalização avançados, contam ter resultados ainda mais favoráveis. Mais de metade das empresas pioneiras atingem ganhos mais significativos na performance

(Empresas pioneiras: Todas as empresas maduras digitais que estão a planear investir significativamente)”

- Das principais conclusões do estudo, é possível verificar que as empresas líderes estão a digitalizar as suas funções essenciais nas suas operações internas verticais bem como a nível horizontal, com os seus parceiros ao longo de toda a cadeia de valor. Adicionalmente, já estão a ser desenvolvidos portfólios de produtos com funcionalidades digitais e serviços inovadores de bases de dados.
- 8 em cada 10 empresas planeiam introduzir pelo menos um dos produtos ou serviços digitais.
- A Indústria 4.0 veio aumentar significativamente as oportunidades de reter e aumentar a relação com os clientes, tornando a disputa por estes ainda mais intensa.
- 44% das empresas Portuguesas e 51% globalmente utilizam atualmente Big Data para melhorar a relação com os consumidores.
- O grande desafio não está na implementação das tecnologias mais adequadas, está sim na transformação cultural da empresa e na atual falta de competências para lidar com esta mudança.
- 50% das empresas nacionais e 58% globalmente identificam a “falta de cultura digital e formação” como uma das principais dificuldades sentidas no desenvolvimento de operações digitais na empresa.
- A informação é a base da quarta revolução industrial, contudo o enorme crescimento dos volumes de informação recolhida traz pouco valor sem as devidas técnicas de análise. O rápido crescimento dos sensores e dispositivos conectados resulta num contínuo fluxo de dados.
- 41% das empresas portuguesas atribuem uma importância elevada à análise de dados (atualmente a nível global esta percentagem foi de 50%).
- 61% das empresas nacionais e 40% a nível global estão preocupadas com a extração não autorizada de dados dentro da empresa e responsabilização por perda de dados.
- A maioria das empresas considera ter um nível de maturidade médio no que respeita às suas competências de análise de dados.
- Só 7% das empresas nacionais referiu estar num nível avançado de maturidade, 59% indicaram o nível médio e 32% o nível fraco.
- Globalmente, cerca de 50% das empresas têm um departamento específico de análise de dados (ou a análise de dados está incorporada em outras funções), este valor é de 54% nas empresas portuguesas. No entanto, é de referir que, tanto globalmente como em Portugal, existe ainda uma elevada percentagem de empresas onde as competências de análise de dados se encontram num único empregado (35% no global e 33% em Portugal).
- As empresas no Japão e na Alemanha são as mais avançadas na digitalização das suas operações internas e parcerias ao longo da sua cadeia de valor horizontal.

- As empresas industriais chinesas, destacam-se em todos os aspetos da digitalização.
- Na realidade a China é um dos países que mais poderá beneficiar com a automatização e digitalização dos processos de produção.
- Em Portugal, 60% das empresas entrevistadas espera obter um retorno do investimento até 2 anos.”

Figura 9 – Principais resultados do estudo da PWC



Fonte: PWC (2016)

Em resumo das conclusões do inquérito efetuado a mais de 2.000 empresas em 24 países (Europa, Médio Oriente e África (EMEA), Asia Pacifico, América) e em diferentes setores de atividade sobre o impacto da indústria 4.0 há a referir:

- Os entrevistados esperam aumentar significativamente as suas carteiras de produtos e serviços digitais até 2020. Da mesma forma, quase três quartos das empresas esperam ter processos quer da cadeia de valor horizontal quer da vertical, altamente digitalizados no espaço de cinco anos.
- Nos próximos cinco anos, as empresas inquiridas esperam aumentar as receitas anuais em média 2,9% e reduzir os custos em média 3,6% ao ano. Os primeiros atores do mercado que invistam na digitalização conseguirão obter os ganhos mais significativos.
- Os entrevistados esperam obter 421 mil milhões de USD de redução de custos e 493 mil milhões de USD no aumento de receita anual durante os próximos cinco anos.
- Os clientes estarão no centro das mudanças nas cadeias de valor, dos produtos e serviços. Os produtos, sistemas e serviços serão cada vez mais personalizados para as

necessidades dos clientes, e muitos dos inquiridos referem que planeiam utilizar os dados analíticos para entender e atender as necessidades dos clientes.

- Os inquiridos indicam que o maior desafio de implementação da indústria 4.0 não é a tecnologia, mas sim a falta de cultura digital e habilidades das pessoas envolvidas.
- A análise de dados bem-sucedida constitui um pré-requisito para que sejam implementados os aplicativos empresariais digitais no âmbito do IoT.
- As empresas industriais terão de desenvolver estruturas organizacionais robustas capazes de suportem a análise de dados a nível empresarial.
- A Indústria 4.0 criará redes digitais e ecossistemas que, em muitas circunstâncias, irão abranger uma escala global, mas ainda assim, mantêm pegadas regionais distintas.
- Os investimentos da Indústria 4.0 já são significativos e a pesquisa da PWC (2016) sugere que as empresas globais de produtos industriais investirão 907 mil milhões de dólares anuais até 2020. O foco principal deste investimento será em tecnologias digitais como sensores ou dispositivos de conectividade, bem como em software e aplicações. Além disso, as empresas também investirão na formação de funcionários e nas mudanças organizacionais.

3. CARATERIZAÇÃO ECONÓMICO/EMPRESARIAL DA REGIÃO CENTRO

Neste capítulo caracteriza-se a região Centro, em termos de território, demografia, economia e dá-se conta de alguns indicadores do tecido empresarial.

3.1. Território e demografia

3.1.1. Território

O território considerado para o presente estudo tem por base os municípios integrantes da Região Centro (NUTS II⁴). Esta região é limitada a norte pela região Norte, a leste pela Espanha, a sul pelo NUT II do Alentejo (sub-regiões do Alto Alentejo e da Lezíria do Tejo), a sudoeste pela Área Metropolitana de Lisboa e a oeste pelo Oceano Atlântico (figura 10). Tem uma área de 28.405 km² (31% de Portugal continental) e uma população de 2.327.580 (Censos 2011), correspondendo a 23,2% do Continente e a 22% de Portugal.

Figura 10 – Áreas geográficas NUTS II



⁴ Segundo definição do Decreto-Lei n.º 46/89 de 15 de Fevereiro.

Esta região compreende 8 Unidades de Nível III (NUTS III). Os dados estatísticos referentes ao número de municípios e área geográfica são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Informação estatística referente ao número de municípios e área geográfica das sub-regiões da região Centro

NUTS II	NUTS III	Nº de municípios	Área geográfica km ²
	Região de Aveiro	11	1 693
	Região de Coimbra	19	4 336
	Região de Leiria	10	2 449
	Viseu Dão Lafões	14	3 238
Centro	Beiras e Serra da Estrela	15	6 305
	Beira Baixa	6	4 615
	Oeste	12	2 220
	Médio Tejo	13	3 344

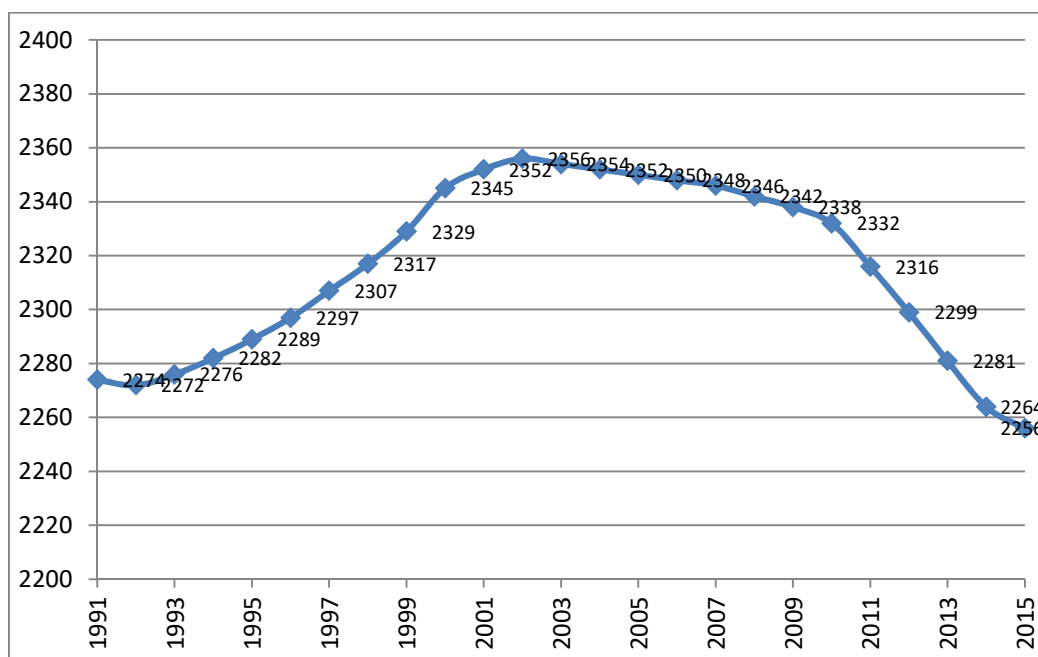
Fonte: INE (2015)

3.1.2. Demografia

A Região Centro abrange cerca de 31% do território nacional, contudo, concentra apenas cerca de 22% da população portuguesa. Resultado de realidades sub-regionais muito contrastantes, esta região apresenta uma densidade populacional baixa, 83 habitantes por Km² (face a uma média nacional de 112 habitantes por Km²) em 2013.

A 31 de dezembro de 2015, estima-se que residiam na Região Centro 2,3 milhões de indivíduos (CCDRC, 2017), o que representava 21,8% da população residente no país. A região, depois de ter crescido significativamente desde 1991 até 2003, atingindo 2.354 milhares, tem apresentado uma significativa diminuição da sua população, registando o valor mais baixo das últimas décadas com 2.256 milhares de pessoas, perdendo assim cerca de 100.000 pessoas em apenas 12 anos (Gráfico 1).

Gráfico 1 - População residente na região Centro entre 1991 e 2015 (milhares)



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados de CCDRC (2017)

O peso da população residente na Região Centro no total nacional era, nesta data, o mais baixo das duas últimas décadas. As quatro sub-regiões do litoral concentravam 64% da população total do Centro, peso que sobe para 86% se considerarmos ainda Viseu Dão-Lafões e Médio Tejo. Face ao ano anterior, a população residente na Região Centro diminuiu 0,34% enquanto, em termos médios, no país decresceu 0,32% (Tabela 2).

Tabela 2 – Posicionamento da região Centro em termos demográficos

Região	População residente, 2015		Taxa de variação da população residente, 2014-2015
	Número	% do total nacional	%
Portugal	10 341 330	100.0	-0.32
Norte	3 603 778	34.8	-0.50
Centro	2 256 364	21.8	-0.34
AM Lisboa	2 812 678	27.2	0.12
Alentejo	724 391	7.0	-1.22
Algarve	441 929	4.3	0.10
Açores	245 766	2.4	-0.24
Madeira	256 424	2.5	-0.87

Fonte: CCDRC (2017)

Apresentamos, na Tabela 3, a informação referente à população (Censos 2011) distribuída por NUTS III.

Tabela 3- Informação estatística referente à população (Censos de 2011) das sub-regiões da Região Centro

NUTS II	NUTS III	População (Censos 2011)
Centro	Região de Aveiro	370 394
	Região de Coimbra	460 139
	Região de Leiria	294 632
	Viseu Dão Lafões	267 633
	Beiras e Serra da Estrela	236 023
	Beira Baixa	89 063
	Oeste	362 540
	Médio Tejo	247 331

Fonte: INE (2015)

3.1.3. A economia regional

Os principais indicadores de caracterização económica deixam bem patente as assimetrias regionais entre as grandes regiões portuguesas ao nível das NUTS II e mesmo entre as diversas sub-regiões dentro da Zona Centro.

Em 2017, o PIB nacional registou uma variação nominal de 4,4% e real de 2,8%. Estima-se que o PIB nominal tenha crescido acima da média nacional no Algarve (6,0%), no Alentejo (5,1%), na região autónoma da Madeira (4,7%) e na Área Metropolitana de Lisboa (4,5%). A região autónoma dos Açores (4,2%) apresentou um crescimento nominal ligeiramente inferior ao país, enquanto as regiões do Norte e do Centro apresentaram crescimentos nominais de 4,0%. Em termos reais, estima-se que todas as regiões tenham registado crescimento do PIB, em especial o Algarve (3,5%), o Alentejo (3,2%), a região autónoma da Madeira (3,1%) e a área metropolitana de Lisboa (3,0%), que apresentaram variações reais superiores ao país. As regiões Norte e Centro (ambas com 2,5%) e a região autónoma dos Açores (2,4%) registaram variações inferiores à média nacional (INE, 2018).

A região Centro contribuiu, em 2017 (dados provisórios), com 36.755,7 milhões de €, cerca de 18,9% do total de 194.613 milhões de euros do PIB nacional. A contribuição da região Centro foi a terceira mais elevada a nível nacional, contudo cerca de metade da primeira que é referente à região de Lisboa, que teve um PIB de 69.978 milhões de euros, em 2017 (ver Tabela 4).

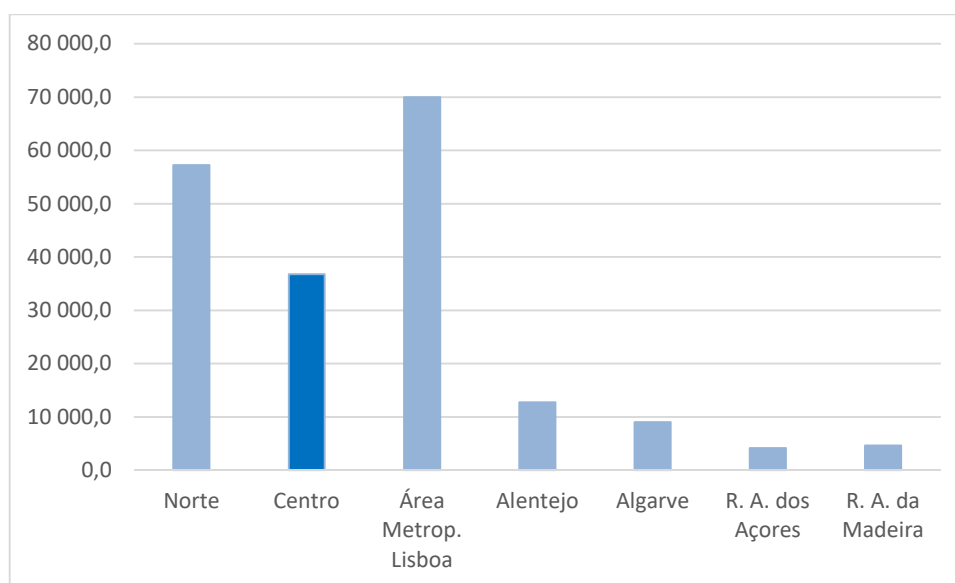
Tabela 4 - Produto interno bruto por NUTS II (preços correntes; anual), em 2017 (provisórios)

Região NUTS II	Valor (10 ⁶)	%
Norte	57 240,6	29,4%
Centro	36 755,7	18,9%
Área Metropolitana de Lisboa	69 977,7	36,0%
Alentejo	12 736,4	6,5%
Algarve	9 015,0	4,6%
R. A. dos Açores	4 128,1	2,1%
R. A. da Madeira	4 607,7	2,4%
Portugal	194 613,5	100,0%

Fonte: INE (2018). Dados tratados pelos autores

Em termos gráficos, é bem visível a diferença nos valores do Produto Interno Bruto, a preços correntes, entre as diferentes regiões por NUTS II, referente ao ano de 2017 (Gráfico 2).

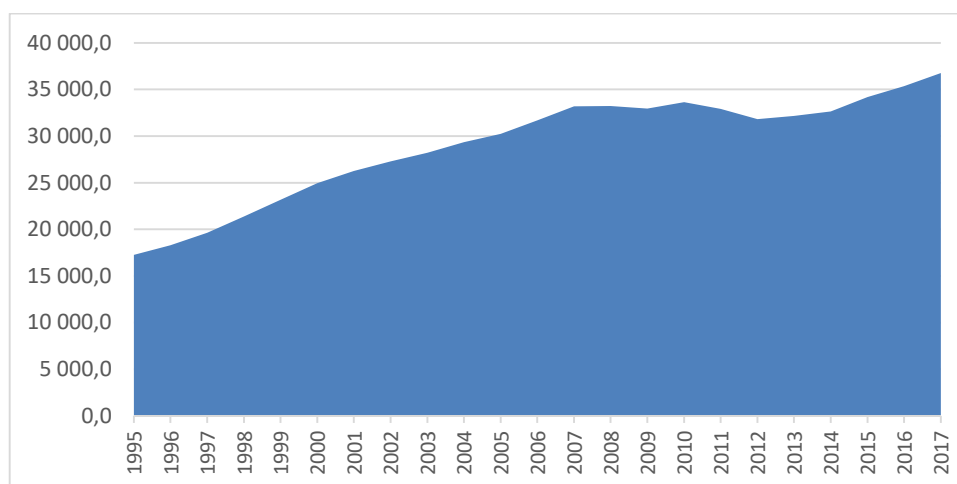
Gráfico 2 - Produto interno bruto por NUTS II (preços correntes), em 2017 (provisórios)



Fonte: INE (2018). Dados tratados pelos autores

Em termos de evolução, o PIB (a preços correntes) da região Centro tem apresentado um crescimento mais ou menos regular ao longo dos últimos 23 anos, registando-se apenas diminuição nos anos de 2009, 2011 e 2012 (Gráfico 3).

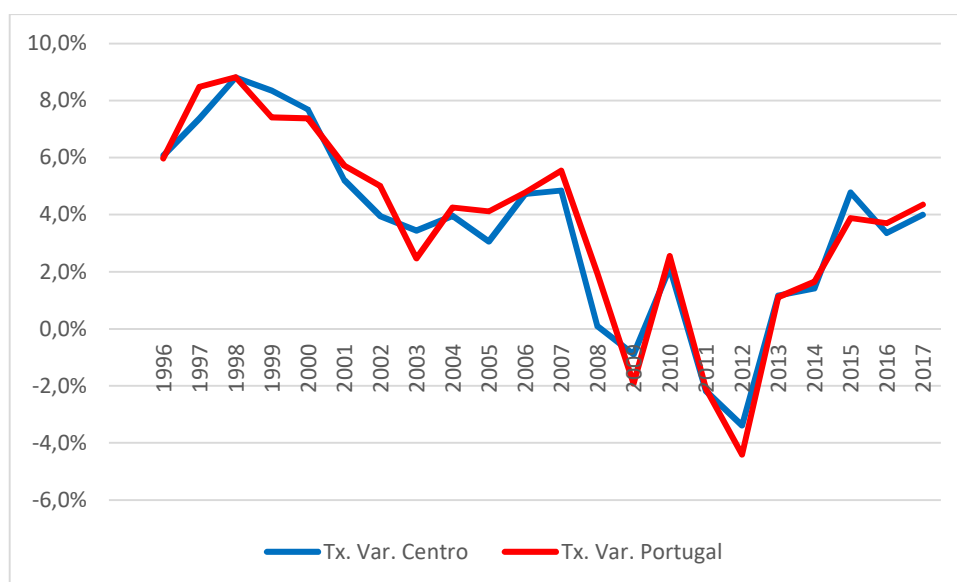
Gráfico 3 - Evolução do PIB da região Centro, entre 1995 e 2017 (provisório)



Fonte. INE (2018). Dados tratados pelos autores

Se analisarmos a evolução do PIB da Região Centro com a evolução do PIB de Portugal, verifica-se uma evolução muito semelhante ao longo dos anos, conforme Gráfico 4. Como já se referiu, verificou-se uma diminuição do PIB em 2009 e 2011 e 2012, na Região Centro, acompanhando o total nacional, com valores muito semelhantes.

Gráfico 4 – Taxa de variação do PIB da região Centro vs. Portugal, entre 1995 e 2017 (provisórios)



Fonte. INE (2018). Dados tratados pelos autores

Em termos de PIB por região (NUTS III), a que mais contribui para a economia foi Coimbra com 20,2%, seguida de Aveiro com 18,2%. A região com menor peso foi a Beira Baixa, com apenas 3,8% (Tabela 5).

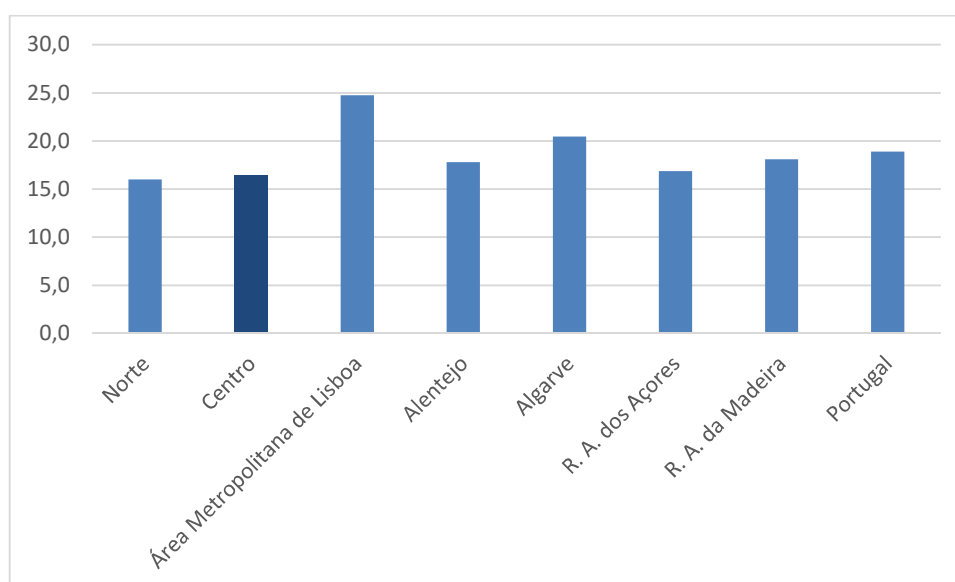
Tabela 5 - Produto Interno Bruto por NUTS III da região Centro (preços correntes), em 2017 (provisórios)

Região NUTS III	Valor (10 ⁶)	%
Oeste	5 617,9	15,3%
Região de Aveiro	6 686,2	18,2%
Região de Coimbra	7 417,4	20,2%
Região de Leiria	5 417,5	14,7%
Viseu Dão Lafões	3 705,4	10,1%
Beira Baixa	1 396,6	3,8%
Médio Tejo	3 742,7	10,2%
Beiras e Serra da Estrela	2 772,0	7,5%
Total	36 755,7	100,0%

Fonte. INE (2019). Dados tratados pelos autores

Em termos de PIB *per capita* por regiões NUTS II, as disparidades regionais são também bastante acentuadas. Na análise do Gráfico 5 verificamos que a região que apresenta maior PIB *per capita* é a região da área Metropolitana de Lisboa com um PIB *per capita* de 24.700 euros. A região Centro apresenta um PIB *per capita* de 16.400 euros.

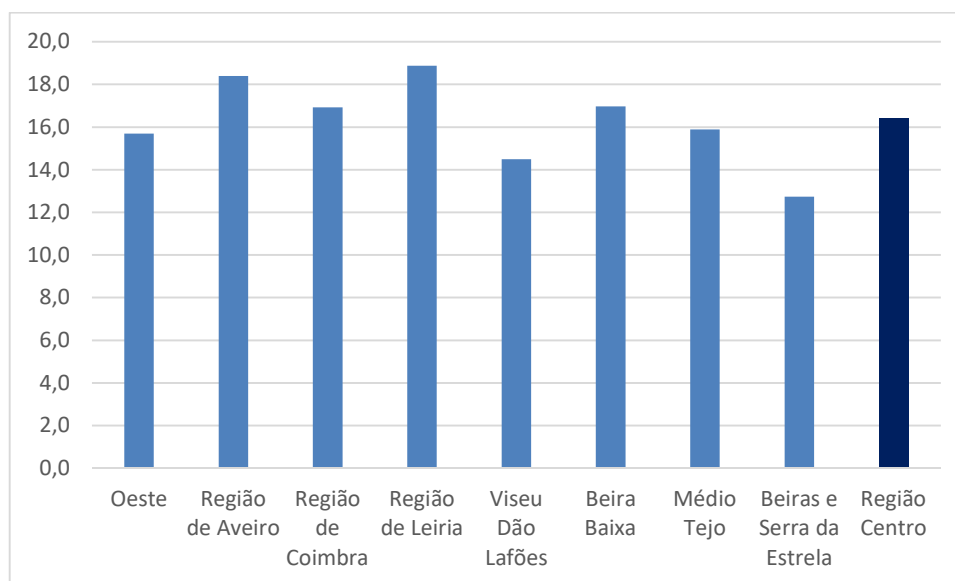
Gráfico 5 – PIB *per capita* por NUTS II, em 2017 (dados provisórios) - 10³€



Fonte. INE (2019). Dados tratados pelos autores

Em termos de PIB *per capita* a preços correntes por sub-regiões NUTS III, verificam-se valores muito díspares (Gráfico 6). A região de Leiria apresenta o maior valor, com 18.900 euros, seguida da região de Aveiro com 18.400 euros. As regiões Beiras e Serra da Estrela e Viseu Dão Lafões são as que apresentam valores mais baixos, com 12.740 euros e 14.487 euros, respetivamente, bastante inferiores à média da Região (16.426 euros) e ao total nacional (18,894 euros).

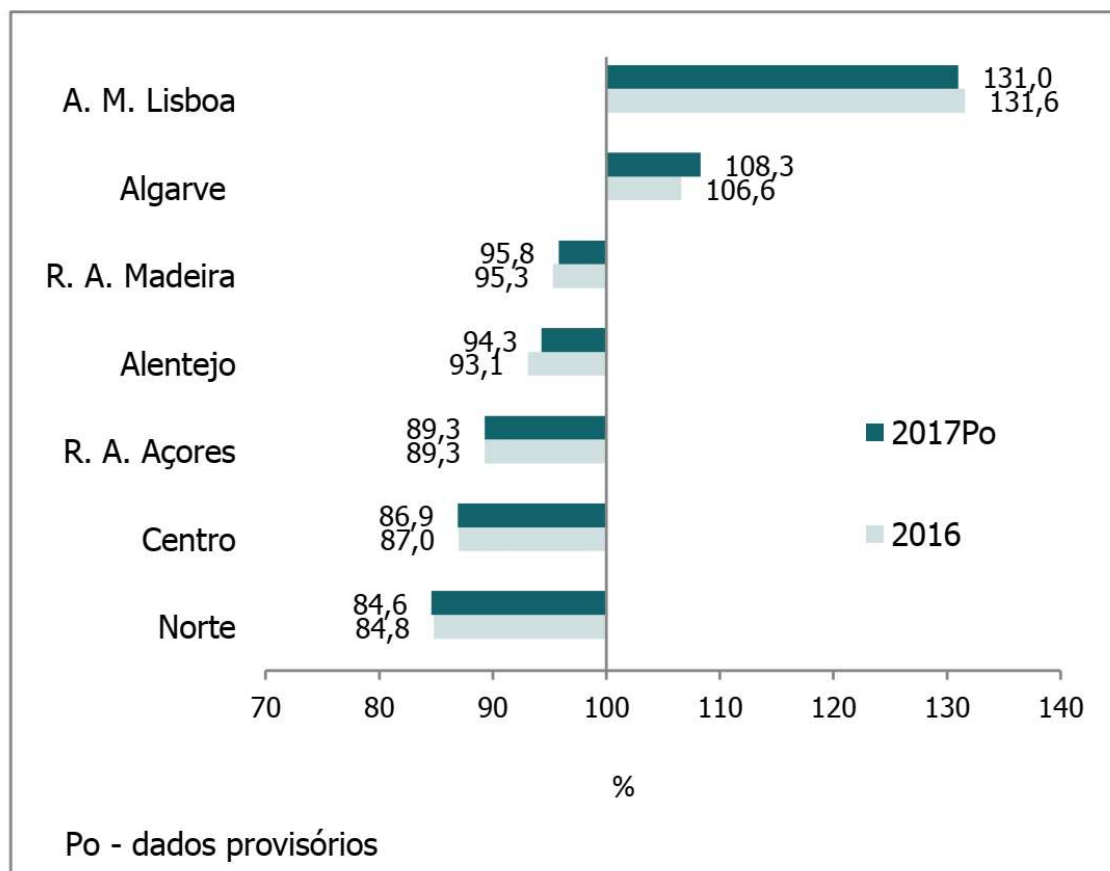
Gráfico 6 - PIB *per capita* por sub-regiões NUTS III (10³€)



Fonte. INE (2019). Dados tratados pelos autores

Calculando os Índices de Disparidade Regional do PIB *per capita*, por NUTS II (Portugal=100), verifica-se que, em 2016 e 2017, a Área Metropolitana de Lisboa foi a região que ultrapassou significativamente a média nacional, com índices de 131,6 e 131,0, respetivamente. Embora com menor expressão, salienta-se ainda que nestes dois anos a região do Algarve superou igualmente a média nacional. As restantes NUTS II apresentaram índices inferiores à média nacional, em especial o Norte e o Centro, com índices cerca de 15% e 13%, respetivamente, inferiores à média do país (INE, 2018).

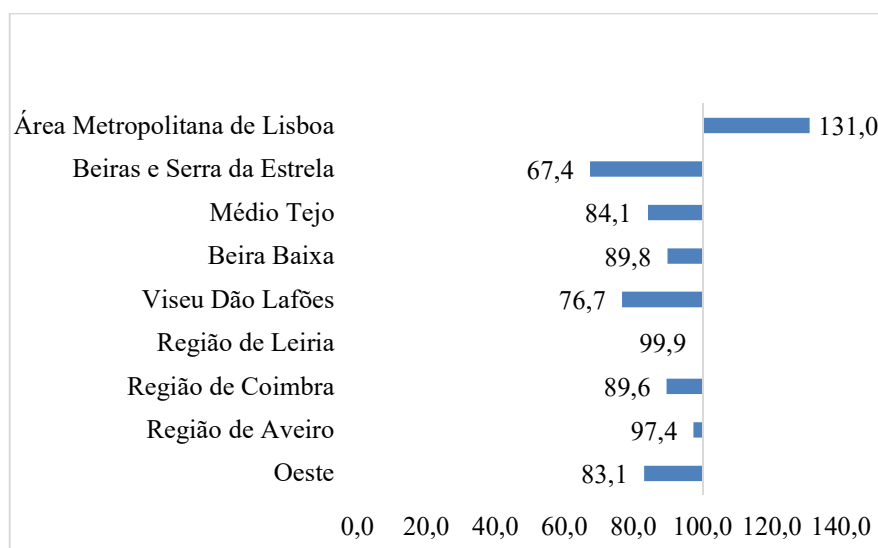
Gráfico 7 - Índices de disparidade regional do PIB *per capita*, por NUTS II (Portugal=100), em 2016 e 2017 (provisório)



Fonte: INE (2018)

A análise à NUTS III da região Centro permite concluir que a sub-região com menor disparidade, face à média nacional, é a região de Leiria com um índice de 99,9%. Contudo verifica-se que a região das Beiras e Serra da Estrela apresenta uma grande disparidade regional com 67,4%. Comparativamente, a região de Lisboa apresenta um índice de 131%, portanto muito superior ao verificado em qualquer uma das sub-regiões da Região Centro (Gráfico 8).

Gráfico 8 - Índices de Disparidade Regional do PIB *per capita*, por NUTS III da região Centro versus região de Lisboa (Portugal=100), em 2017 (provisório)



Fonte: INE (2019)

Analisou-se também a Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF). Os dados disponíveis no portal do INE dizem respeito a 2016 e mostram que a FBCF atingiu os 28.829,6 milhões de euros. A região de Lisboa apresentou um investimento de 10.239 milhões de euros que correspondia a 35,5% do total do investimento nacional, seguida da região Norte (9.187; 31,9% do total) e da região Centro (5.233; 18,2%). As restantes quatro regiões foram responsáveis apenas por 14,5% do investimento total, sendo o menor contributo o das regiões autónomas (ambas com 1,9%).

A FBCF do país registou um crescimento de 3,5% em 2016 face ao ano anterior (Tabela 6). As regiões que contribuíram para esse crescimento foram Lisboa que cresceu 9% e a região Norte com 4,7%. Pelo contrário, o Alentejo registou um contributo negativo com um decréscimo de -14,3%. As regiões Autónomas e o Centro registaram um contributo praticamente nulo.

Tabela 6 - Formação bruta de capital fixo por NUTS II (preços correntes), em 2016

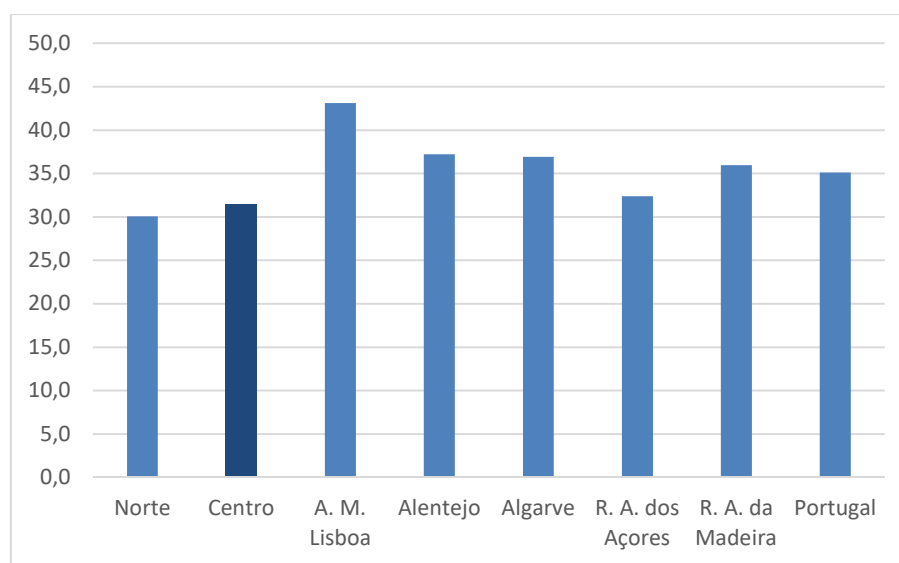
Região NUTS II	FBCF 10 ⁶ €	%	Var. 2015
Norte	9 186,5	31,9%	4,7
Centro	5 233,4	18,2%	-0,1
A. M. Lisboa	10 238,8	35,5%	9,0
Alentejo	1 832,5	6,4%	-14,3
Algarve	1 247,9	4,3%	3,3
R. A. dos Açores	541,0	1,9%	-0,3
R. A. da Madeira	547,5	1,9%	0,3
Extra-Regiões	2,0	0,0%	-
Portugal	28 829,6	100,0%	3,5

Fonte: INE (2019), dados tratados pelos autores.

Para a variação positiva ocorrida na Área Metropolitana de Lisboa foi determinante o acréscimo do investimento realizado no ramo dos serviços prestados às empresas e nas indústrias transformadoras. Na região Norte o aumento da FBCF resultou, sobretudo, do acréscimo do investimento na indústria transformadora e nas atividades imobiliárias. No Algarve foi, principalmente, o aumento dos investimentos nos ramos do comércio, transportes, alojamento e restauração e nas atividades imobiliárias que contribuiu para o crescimento da Formação Bruta de Capital Fixo da região. Para o decréscimo da FBCF registado no Alentejo contribuiu a diminuição do investimento no ramo da construção, associado ao Setor Institucional das Administrações Públicas e a diminuição no ramo do comércio, transportes, alojamento e restauração (INE, 2018).

A produtividade aparente do trabalho por NUTS II (preços correntes), em 2017 também mostra uma certa disparidade entre as regiões. Mais uma vez, a região da área Metropolitana de Lisboa é a região que apresenta valores mais altos com 43.100 euros. A região Centro apresenta o valor de 31.500 euros, bastante inferior ao verificado na região de Lisboa e também inferior à média nacional, que é de 35.100 euros (Gráfico 9).

Gráfico 9 - Produtividade aparente do trabalho por NUTS II (preços correntes), em 2017 - unidade 10³ €



Fonte: INE (2019), dados tratados pelos autores.

Em suma, a economia portuguesa está a recuperar e a reequilibrar-se gradualmente. Portugal assumiu um ambicioso programa de reformas estruturais desde 2011. As reformas estenderam-se a um amplo leque de áreas, tais como os mercados de produtos, mercados de trabalho, impostos, regulamentação e setor público. Estas reformas têm apoiado a recuperação gradual da economia portuguesa, com “ventos de feição” adicionais resultantes da política monetária altamente acomodatória e dos baixos preços do petróleo. As reformas estruturais do passado conduziram também a um reequilíbrio bem-sucedido da economia, com o aumento progressivo das exportações. A crise financeira mundial implicou mudanças bruscas no acesso ao financiamento externo, com

a formação de elevados défices orçamentais endémicos e o aumento da dívida, culminando num programa de ajuda externa em 2011. Desde então, temos assistido a um aumento significativo das exportações, quer em termos de volume quer em relação ao PIB. Portugal exporta agora mais de 40% do PIB, em relação aos 27% registados em 2005. Entre outros fatores, este aumento reflete um maior número de empresas exportadoras em comparação com o passado, um processo que se iniciou mesmo antes da crise. As melhorias verificadas na competitividade dos exportadores portugueses alicerçam este progresso nos resultados das exportações (OCDE, 2017).

Mas para continuarmos com esse crescimento das exportações, as empresas terão de continuar a investir em tecnologia e recursos humanos, com destaque para a nova era tecnológica – a indústria 4.0.

3.2. Tecido empresarial da região Centro

A análise do tecido empresarial numa perspetiva regional, em termos da evolução económica, é de grande importância para perceber as dinâmicas empresariais ocorridas e de que modo contribui para promover o desenvolvimento regional. A análise incide essencialmente na caracterização do tecido empresarial em termos de número de empresas, nas sub-regiões do Centro, por setor de atividade económica e por volume de negócios.

Em relação ao número de empresas, a região Norte é a que apresenta um maior número, com 418.082 em 2017 (34%). A área Metropolitana de Lisboa surge em segundo lugar, com 354.406, (29%). A região Centro possuía, 261.971 (21%) e registou um crescimento de 2,8%, contudo inferior ao crescimento a nível nacional, que foi de 3,9% (Tabela 7).

Tabela 7 - Número de empresas por localização geográfica (NUTS II), em 2016 e 2017

Localização geográfica (NUTS II)	2017		2016		Tx. Var.
	N.º	%	N.º	%	
Portugal	1 242 693	100%	1 196 102	100%	3,9%
Norte	418 082	34%	405 518	34%	3,1%
Centro	261 971	21%	254 927	21%	2,8%
Área Metropolitana de Lisboa	354 406	29%	336 230	28%	5,4%
Alentejo	84 139	7%	81 853	7%	2,8%
Algarve	70 521	6%	66 106	6%	6,7%
Região Autónoma dos Açores	27 174	2%	26 360	2%	3,1%
Região Autónoma da Madeira	26 400	2%	25 108	2%	5,1%

Fonte: INE (2019), dados tratados pelos autores.

Em relação ao número de empresas por sub-região da NUTS III, verifica-se que a região de Coimbra apresenta um maior número de empresas, com 53.666, representando cerca de 20% da região Centro, seguida da região de Leiria com 36.101 empresas, representando 14%. A região com menor número de empresas possui é a região da Beira

Baixa, com apenas 8.919 empresas, o que representa cerca de 3% do total da região Centro (Tabela 8).

Tabela 8 - Número de empresas na região Centro, por localização geográfica NUTS III, em 2017

Sub região (NUTS III)	N.º	%
Centro	261 971	100%
Oeste	44 939	17%
Região de Aveiro	42 386	16%
Região de Coimbra	53 666	20%
Região de Leiria	36 101	14%
Viseu Dão Lafões	27 670	11%
Beira Baixa	8 919	3%
Médio Tejo	23 938	9%
Beiras e Serra da Estrela	24 352	9%

INE (2019), dados tratados pelos autores.

Em termos de setores de atividades económicas a região Centro apresenta uma distribuição idêntica ao total nacional. Assim, o setor mais representativo em número de empresas em Portugal é o comércio por grosso e retalho; reparação de veículos e automóveis e motociclos, com 219.190 empresas, representando 17,6% do total. Na região Centro é também este setor com o maior número de empresas (51.471), representando 19,6% do total regional. O setor a ocupar o segundo lugar em Portugal é o das Atividades administrativas e dos serviços de apoio, com 176.535 empresas, e na região Centro é a Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca, com 32.139 empresas (Tabela 9).

Tabela 9 - Número de empresas por atividade económica, em 2017

Setor de atividade	Portugal		Centro	
	Número	%	Número	%
Total	1 242 693	100,0%	261 971	100,0%
Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca	132 928	10,7%	32 139	12,3%
Indústrias extrativas	1 062	0,1%	392	0,1%
Indústrias transformadoras	67 555	5,4%	16 668	6,4%
Eletricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio	4 062	0,3%	1 575	0,6%
Captação, tratamento e distribuição de água; saneamento	1 219	0,1%	285	0,1%
Construção	81 629	6,6%	22 978	8,8%
Comércio por grosso e retalho; rep.veíc. autom. e motoc.	219 190	17,6%	51 471	19,6%
Transportes e armazenagem	22 841	1,8%	4 924	1,9%
Alojamento, restauração e similares	104 826	8,4%	19 586	7,5%
Atividades de informação e de comunicação	17 837	1,4%	2 669	1,0%
Atividades imobiliárias	40 792	3,3%	5 771	2,2%
Atividades de consultoria, científicas, técnicas e similares	125 617	10,1%	23 234	8,9%
Atividades administrativas e dos serviços de apoio	176 535	14,2%	30 822	11,8%
Educação	56 577	4,6%	12 582	4,8%
Atividades de saúde humana e apoio social	94 740	7,6%	18 838	7,2%
Atividades artísticas, de espetáculos, desportivas e recreativas	35 742	2,9%	5 966	2,3%
Outras atividades de serviços	59 541	4,8%	12 071	4,6%

Fonte: INE (2019), dados tratados pelos autores.

Analisou-se também o volume de negócios por NUTS II. A região mais significativa é a área Metropolitana de Lisboa com 167.181 milhões de Euros, representando 45% do total nacional. A região Norte está posicionada em segundo lugar, com 28,7% e a região Centro representa apenas 16,7% em 2017 com uma taxa de variação em relação a 2016 de 8,4%, contudo inferior ao crescimento do país, que foi de 9,1% (Tabela 10).

Tabela 10 - Volume de negócios (€) das empresas por localização geográfica (NUTS II, em 2016 e 2017

Região	2017		2016		Tx. Var.
	Valor (€)	%	Valor (€)	%	
Portugal	371 477 802 487	100,0%	340 479 969 424	100,0%	9,1%
Norte	106 595 283 230	28,7%	97 992 279 593	28,8%	8,8%
Centro	62 028 129 738	16,7%	57 241 367 786	16,8%	8,4%
Área Metropolitana de Lisboa	167 181 949 284	45,0%	152 946 934 823	44,9%	9,3%
Alentejo	16 921 573 168	4,6%	15 535 744 549	4,6%	8,9%
Algarve	9 038 849 958	2,4%	7 966 141 076	2,3%	13,5%
Região Autónoma dos Açores	5 031 502 885	1,4%	4 708 077 591	1,4%	6,9%
Região Autónoma da Madeira	4 680 514 224	1,3%	4 089 424 006	1,2%	14,5%

Fonte: INE (2019), dados tratados pelos autores.

Analisando o volume de negócios por atividade económica e comparando Portugal com a região Centro, verifica-se que o setor com maior valor é o Comércio por grosso e a retalho; reparação de veículos automóveis e motociclos com 37% e 36,7% para Portugal e Região Centro, respetivamente (Tabela 11). O setor das Indústrias transformadoras é o

segundo setor com maior contribuição, quer em termos nacionais quer na região Centro, apresentando uma maior proporção no Centro com 35,7%, relativamente ao total nacional com 24,3%.

Tabela 11 - Volume de negócios (€) das empresas por localização geográfica (NUTS II) e atividade económica, em 2017

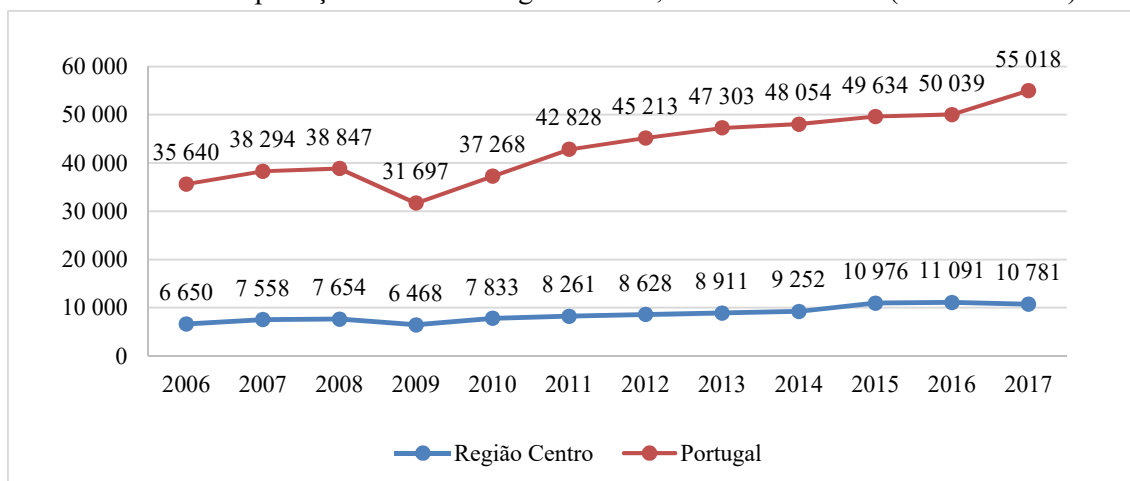
Setor de atividade	Portugal		Centro	
	Valor (€)	%	Valor (€)	%
Total	371 477 802 487	100%	62 028 129 738	100%
Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca	7 060 702 780	1,9%	2 421 180 182	3,9%
Indústrias extrativas	1 059 211 856	0,3%	217 092 853	0,3%
Indústrias transformadoras	90 310 829 201	24,3%	22 149 669 590	35,7%
Eletricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio	21 317 876 988	5,7%	847 411 572	1,4%
Captação, tratamento e distribuição de água; saneamento, gestão de resíduos e despoluição	3 514 220 767	0,9%	669 735 859	1,1%
Construção	19 413 580 792	5,2%	3 316 167 356	5,3%
Comércio por grosso e a retalho; reparação de veículos automóveis e motociclos	137 458 535 864	37,0%	22 754 700 947	36,7%
Transportes e armazenagem	20 388 679 032	5,5%	3 234 197 898	5,2%
Alojamento, restauração e similares	13 711 300 825	3,7%	1 717 179 005	2,8%
Atividades de informação e de comunicação	12 481 094 246	3,4%	533 710 320	0,9%
Atividades imobiliárias	7 064 133 642	1,9%	586 179 683	0,9%
Atividades de consultoria, científicas, técnicas e similares	12 365 237 483	3,3%	1 135 701 505	1,8%
Atividades administrativas e dos serviços de apoio	12 460 498 127	3,4%	825 704 204	1,3%
Educação	1 544 219 711	0,4%	184 804 082	0,3%
Atividades de saúde humana e apoio social	7 204 788 639	1,9%	991 152 460	1,6%
Atividades artísticas, de espetáculos, desportivas e recreativas	2 498 236 578	0,7%	183 262 357	0,3%
Outras atividades de serviços	1 624 655 956	0,4%	260 279 865	0,4%

Fonte: INE (2019), dados tratados pelos autores.

3.2.1. Internacionalização

Em 2017, o volume de exportações de bens da região Centro foi de 10,7 mil milhões de euros, representando 19,6% do total nacional (Gráfico 10). Desde 2009 que o peso das exportações de bens no PIB da região Centro tem vindo a aumentar, tendo atingido, em 2017, o valor de 29,3%.

Gráfico 10 - Exportação de bens na região Centro, entre 2006 e 2017 (unidade: 10⁶ €)



Fonte: INE (2019), dados tratados pelos autores.

A evolução das exportações da região Centro está praticamente em linha com o total nacional, exceto em 2017, ano em que se registou um aumento das exportações, enquanto a região Centro assistiu a uma diminuição (Tabela 12). Na região Centro, as exportações de bens superam largamente as importações (121,6%), situação inversa à verificada no país (onde predominam as importações de bens). Em 2016, apenas 1,8% das exportações da região Centro eram de bens de alta tecnologia, valor aquém da média nacional (4,4%) (CCDRC, 2017).

Tabela 12 - Exportações (€) de bens por localização geográfica (NUTS II)

Localização geográfica (NUTS II)	2017		2016		Tx. Var. 2016/2017
	Valor (€)	%	Valor (€)	%	
Portugal	55 017 987 697	100,0%	50 038 841 230	100,0%	10%
Continente	52 354 583 416	95,2%	47 609 412 703	95,1%	10%
Norte	22 152 541 033	40,3%	20 503 210 501	41,0%	8%
Centro	10 781 372 122	19,6%	11 091 010 126	22,2%	-3%
Área Metropolitana de Lisboa	15 987 045 940	29,1%	12 940 882 504	25,9%	24%
Alentejo	3 261 002 429	5,9%	2 915 170 259	5,8%	12%
Algarve	172 621 892	0,3%	159 139 313	0,3%	8%
Região Autónoma dos Açores	88 119 906	0,2%	83 887 463	0,2%	5%
Região Autónoma da Madeira	153 248 638	0,3%	98 762 063	0,2%	55%

Fonte: INE (2019), dados tratados pelos autores.

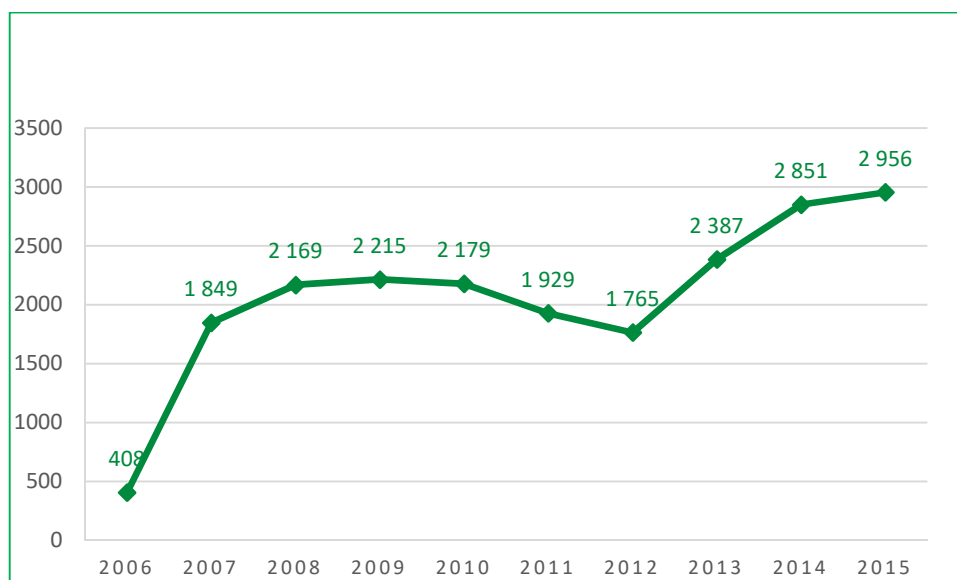
3.2.2. Investimento direto estrangeiro

A posição do Investimento direto estrangeiro (IDE) na região Centro aumentou nos últimos três anos, após uma queda acentuada em 2012, tendo atingido os 2,96 mil milhões de euros em 2015, o que corresponde a 2,82% do IDE recebido pela economia nacional (Gráfico 11).

As transações de IDE na região em cada ano (que têm em conta os níveis de investimento e de desinvestimento estrangeiro) apresentam um comportamento bastante oscilatório. O valor máximo das transações captadas pela região ocorreu em 2008 (198 milhões de euros). Apesar do desempenho recente ter sido positivo, nos últimos dois anos, registaram-se na região Centro dos mais baixos valores de transações, quer de investimento (bruto), quer de desinvestimento (CCDRC, 2017).

Gráfico 11 – Investimento direto estrangeiro (IDE) na região Centro entre 2006 e 2015

Unidade: 10⁶ euros

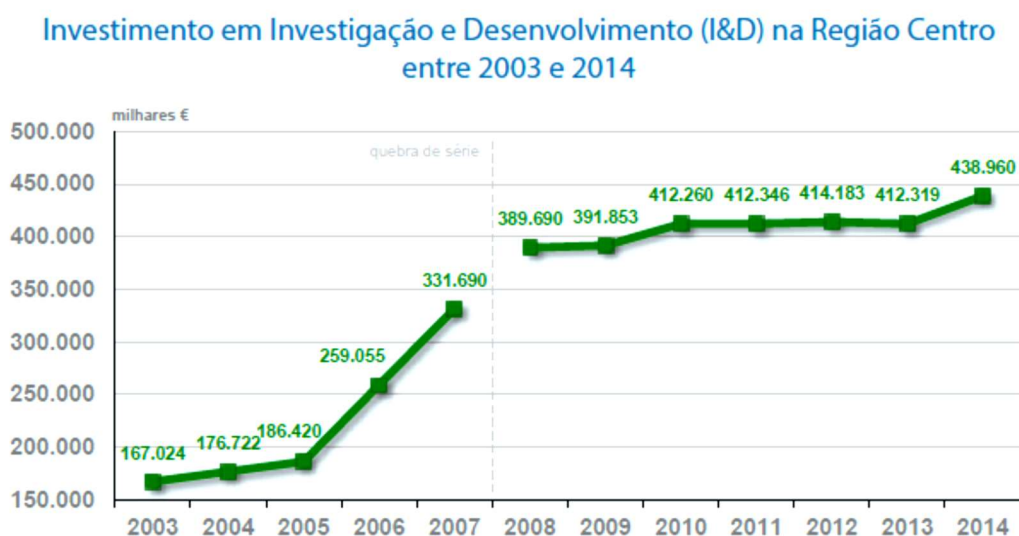


Fonte: CCDRC (2017)

3.2.3. Investigação, Desenvolvimento e Inovação

Em 2014, o investimento em Investigação e Desenvolvimento (I&D) na região Centro era de 439 milhões de euros, o que representava 19,7% da despesa nacional em I&D (Gráfico 12). O peso do investimento em I&D no produto interno bruto (PIB) também aumentou na região face aos anos anteriores, situando-se acima da média do país (1,35%). No entanto, este valor continua muito aquém da meta estabelecida para 2020 de 3%. A proporção do investimento regional em I&D executado pelo setor privado, em 2014, situou-se nos 48,8%, superando, de igual modo, a média nacional.

Gráfico 12 – Despesas em investigação e desenvolvimento na Região Centro



Fonte: CCDRC (2017)

3.3. Programas de apoio à investigação e desenvolvimento

A despesa em I&D, quer por parte das empresas quer por parte do estado, será fundamental para a implementação da indústria 4.0. Contudo, em Portugal esta, têm registado taxas de crescimento negativas desde 2009 a 2014, com uma diminuição acentuada da despesa nesta área, na ordem dos 10%, em 2012 (Tabela 13). Em 2015 assiste-se a uma ligeira inversão desta tendência, registando-se uma taxa de crescimento positiva, na ordem dos 0,1%, embora baixa não permitindo atingir os valores anteriormente registados, de acordo com a Tabela 15. Em termos de percentagem do PIB os gastos em I&D, torna a situação ainda é mais preocupante, passando de 1,58% em 2009 para 1,24% em 2015, comparativamente com os 2,02% verificados na UE28, para o mesmo ano (Eurostat, 2017). Uma das metas assumidas por Portugal na Estratégia Europa 2020 passa por aumentar entre 2,7% e 3,3% do PIB o investimento (público e privado) em I&D e inovação (Portugal2020, 2017).

Tabela 13 - Despesas em atividades de investigação e desenvolvimento (I&D) em Portugal, no período 2009-2016 (Unidade: milhares de euros)

Ano	Valor	Tx. Var.	% do PIB
2009	2 771 599,7	-	1,58
2010	2 757 554,6	-0,5%	1,53
2011	2 566 449,9	-6,9%	1,46
2012	2 320 132,8	-9,6%	1,38
2013	2 258 471,0	-2,7%	1,33
2014	2 232 248,9	-1,2%	1,29
2015	2 234 369,7	0,1%	1,24
2016	2 388 466,90	6,9%	1,28

Fonte: INE (2019), dados tratados pelos autores

A análise das despesas de investimento em I&D para a região Centro e por setores de execução (Tabela 14), para o mesmo período de 2009-2016, permite concluir que as empresas têm aumentado significativamente o seu peso relativo, passando de 38,4% em 2009 para 52,0% em 2016. O setor das Instituições Privadas sem fins lucrativos (inclui fundações e associações), por sua vez, tem reduzido significativamente a sua despesa nesta área, essencialmente entre 2012 e 2013, passando de um valor de 33.533 milhares de euros em 2012 para 2.625 milhares de euros em 2016, com um peso relativo de 8,1% e 0,6%, respetivamente.

O setor estado (excluindo as instituições de ensino superior) tem também apresentado desinvestimento nesta área, perdendo peso relativo ao longo dos anos. As Instituições de Ensino Superior continuam a liderar o investimento em I&D, rondando os 50%.

Tendo presente os valores relativamente baixos deste tipo de investimentos, a União Europeia e o Governo português lançaram um conjunto de medidas de apoio, para modernizar a economia portuguesa, apresentando-se na secção seguinte uma síntese das principais iniciativas.

Tabela 14 - Despesas em atividades de investigação e desenvolvimento (I&D) – região Centro, total e por sector de execução (Unidade: milhares de euros)

Ano	Empresas		Estado		Ensino Superior		Inst. Priv. s/ fins lucrativos		Total		
	Valor	%	Valor	%	Valor	%	Valor	%	Valor	%	Taxa var.
2009	150 607	38,4	14 956	3,8	197 192	50,3	29 099	7,4	391 853	100	-
2010	150 680	36,5	14 126	3,4	217 422	52,7	30 032	7,3	412 260	100	5,2%
2011	176 511	42,8	15 849	3,8	193 181	46,8	26 805	6,5	412 346	100	0,0%
2012	192 191	46,4	8 139	2,0	180 319	43,5	33 533	8,1	414 183	100	0,4%
2013	190 253	46,1	7 403	1,8	212 720	51,6	1 944	0,5	412 319	100	-0,4%
2014	211 353	48,1	8 413	1,9	216 230	49,3	2 964	0,7	438 960	100	6,5%
2015	198 014	47,6	10 355	2,5	204 803	49,2	2 736	0,7	415 909	100	-5,3%
2016	232593,6	52,0	8064,4	1,8	203936,8	45,6	2625,8	0,6	447221	100	7,5%

Fonte: INE (2019). Dados tratados pelos autores

3.3.1. Sistemas de iniciativas com vista à dinamização e incentivos á Indústria 4.0 – Economia digital

O Ministério da Economia, pretendendo gerar as condições para o desenvolvimento da indústria e serviços nacionais na era digital, decidiu lançar uma iniciativa (Portugal i4.0) para identificar as necessidades do tecido industrial português e orientar medidas (públicas e privadas) procurando atingir três objetivos centrais:

- Acelerar a adoção das tecnologias e conceitos da Indústria 4.0 no tecido empresarial português;
- Promover empresas tecnológicas portuguesas a nível internacional;
- Tornar Portugal um polo atrativo para o investimento no contexto da Indústria4.0.

Neste âmbito, no início de 2017, o governo Português lançou a iniciativa Estratégia Nacional para a Digitalização da Economia – Indústria 4.0, com a qual pretende mobilizar esforços e financiamento para a transformação digital da economia portuguesa. Com mais de 60 medidas de iniciativa pública e privada, o programa pretende ser uma alavanca à modernização de empresas e ao fomento de competências digitais nos vários níveis de ensino.

Deverá ter um impacto em cerca de 50 000 empresas a operar em Portugal e, numa fase inicial, permitirá requalificar e formar mais de 20 000 trabalhadores em competências digitais, prevendo injetar na economia até 4,5 mil milhões de euros de investimento nos próximos 4 anos (Portugal, 2020).

Na preparação das empresas portuguesas para os desafios da Indústria 4.0, o Governo contou com mais de 200 entidades e empresas de diferentes setores, como a agroindústria (produção, transformação, transporte e armazenamento), o retalho (distribuição, comércio eletrónico, têxtil, calçado, etc.), turismo e automóvel (moldes, plásticos, maquinaria,

robótica, eletrónica, etc.). Foram constituídos grupos de trabalho, compostos pelas maiores empresas dos seus setores, por PME e também por *startups* que estão a desenvolver soluções baseadas nas tecnologias características da quarta revolução industrial, com o propósito de produzir recomendações ambiciosas, mas realizáveis, com uma agenda adaptada às necessidades e ao potencial da nossa indústria.

Paralelamente, um grupo de empresas multinacionais associou-se ao Governo para delinear uma estratégia nacional para a indústria. Estas empresas integram o Comité Estratégico da iniciativa Indústria 4.0, que em cooperação com a Agência Nacional de Inovação, o Compete, a CIP, a Cotec, o IAPMEI, o IPQ e o Turismo de Portugal, num total de mais de 15 entidades, pretendem refletir sobre a experiência de cada um no domínio da indústria 4.0, identificando os problemas e as soluções propostas.

Destes grupos de trabalho resultaram 10 medidas para ajudar a implementar uma estratégia para a Indústria 4.0, na qual as diferentes entidades continuam envolvidas e resultam da iniciativa privada ou da cooperação entre as diversas instituições reunidas na plataforma Indústria 4.0.

De acordo com a estratégia para a Indústria 4.0, promovida pelo Governo Português, fazem parte as seguintes 10 medidas:

1. Financiamento

Pretende mobilizar Fundos Europeus estruturais e de investimento até 2,26 mil milhões de euros de incentivos, através do Portugal 2020, para a consciencialização, adoção e massificação de tecnologias associadas ao conceito de Indústria 4.0, nos próximos 4 anos. Apoiar investimentos em recursos relevantes para a transformação digital da economia através de financiamentos seguindo critérios específicos de elegibilidade.

Destaca-se um instrumento denominado “Vale Indústria 4.0”, destinado a apoiar a transformação digital através da adoção de tecnologias que permitem mudanças disruptivas nos modelos de negócio de PME (como a contratação de *sites* de comércio eletrónico ou softwares de gestão fabril a prestadores certificados). Estes vales têm o valor unitário de 7 500 euros, deverão apoiar mais de 1 500 empresas e representam um investimento público de 12 milhões de euros.

Destaque-se ainda o lançamento de uma linha de crédito para o apoio às exportações das PME, através da PME Investimentos. Esta linha permite antecipar receitas da venda a taxas de juro bonificadas, diminuindo o risco de empresas exportadoras de tecnologia inovadora de equipamentos que integram tecnologias 4.0.

2. Programa de Competências Digitais

Tem por objetivo promover o lançamento da iniciativa que permitam capacitar, até 2020, mais 20 mil pessoas em tecnologias da informação e comunicações face aos atuais níveis de formação. Em colaboração com o setor privado, esta medida destina-se a fazer face à carência de técnicos especializados nesta área e permite apoiar a reconversão profissional,

criando novas oportunidades de inserção profissional através da obtenção de novas competências.

3. Cursos Técnicos Indústria 4.0

Revê a carteira de cursos profissionais técnicos em linha com a procura de novas competências por parte das empresas no âmbito da digitalização da economia. Neste contexto, serão criados momentos de interface entre as escolas e a indústria e será promovido o recurso a trabalhadores qualificados, bem como a utilização de equipamentos de empresas para suportar as atividades letivas.

4. *Learning Factories*

Destinada a apoiar a criação de infraestruturas físicas com equipamento tecnológico que recriem ambientes empresariais Indústria 4.0, capacitando o capital humano, promovendo e dando continuidade a iniciativas em curso como a Fabtec, Laboratório de Processos e Tecnologias para Sistemas Avançados de Produção, que consiste numa *learning factory* para demonstrar soluções inovadoras ao tecido empresarial, e a Introsys Training Academy, que integra um chão de fábrica simulado (SGF), e a Academy 360 Room com painéis interativos que controlam equipamentos no chão de fábrica.

5. Missões Internacionais

Desenvolve missões com comitivas nacionais, lideradas por representantes do Governo, com o objetivo de partilhar produtos e serviços no âmbito Indústria 4.0 desenvolvidos em Portugal. Estas comitivas deverão estar presentes em eventos/feiras (ex.: Hannover Messe), cidades/regiões e polos industriais (ex.: missões a Lombardia e País Basco) que possam constituir oportunidades para as empresas portuguesas.

6. Adira Industry 4.0

Procura criar o primeiro laboratório integrado de fabrico aditivo através do qual se pretende desenvolver todo um novo ecossistema associado a esta tecnologia de nova geração que irá permitir novas formas de projeto e fabrico. Este laboratório é dinamizado pela empresa Adira em parceria com o CEiiA, cujo protótipo foi desenvolvido em colaboração com a Fraunhofer, estando aberto às universidades e às empresas de todas as indústrias.

No âmbito desta iniciativa destaca-se também o desenvolvimento em consórcio com o Inegi e Inesc Tec de soluções de *hardware* e *software* para implementar serviços de dados e comunicação entre máquinas, o que irá permitir às empresas configurar produtos/serviços inovadores.

Refira-se ainda o projeto Flaserpro que consiste na conceção de uma nova máquina para processamento de materiais recorrendo à tecnologia de laser de fibra ótica com plena integração de práticas de ecodesign. Este projeto conta com a parceria do Inegi e apoio do Compete.

7. Footure 2020

Iniciativa da Associação Portuguesa da Indústria de Calçado, Componentes, Artigos de Pele e Sucedâneos, com o propósito de construir um plano estratégico do *cluster* do calçado português para implementar o roteiro deste cluster na economia digital assente em múltiplas iniciativas. Pretende-se, até ao final de 2020, conseguir um salto qualitativo no processo de afirmação internacional do calçado português, estabelecendo-o como uma referência da indústria a nível mundial.

8. Bosch Digital

O Done Lab da Bosch consiste num laboratório único em Portugal para a manufatura aditiva avançada de protótipos e ferramentas, inaugurado na Escola de Engenharia da Universidade do Minho, resultante de uma parceria entre a Universidade do Minho e a Bosch Car Multimedia, no âmbito do maior projeto universidade-empresa do país, num investimento global de 54,7 milhões de euros até 2018.

Destaca-se também um protocolo entre a Bosch e a Universidade de Aveiro para o desenvolvimento de soluções para casas inteligentes e a digitalização de equipamentos da Bosch, num investimento de 19 milhões de euros, estando prevista a criação de cerca de 150 postos de trabalho.

9. 4AC Indústria 4.0 – Aceleradora, Incubadora, Prototipagem

Grandes multinacionais como a Mitsubishi (Daimler), a Siemens e a Volkswagen Autoeuropa integram a nova aceleradora, incubadora e espaço de produtização e prototipagem, para a Indústria 4.0. As startups portuguesas Bee Very Creative, Follow Inspiration, Mobi.Me e Prodsmart também já fazem parte do projeto, com o objetivo de acelerar o desenvolvimento de produto e também o desenvolvimento de negócio.

A 4AC-Indústria 4.0 resulta de uma parceria entre o CEiiA e a Startup Portugal, que se destina a apoiar *startups* tecnológicas para fornecer a indústria, tanto de *hardware* como de *software*, na transformação de ideias em produtos, no desenvolvimento de produto e também na fase de *scale-up*. Atuará como ponto central entre a indústria, universidades, centros tecnológicos e empreendedores, mas também contará com investidores e outros *stakeholders* do ecossistema de empreendedorismo.

10. Consórcio PSA Mangualde

Esta iniciativa, com um investimento estimado de 12 milhões de euros, será desenvolvida pela PSA de Mangualde em consórcio com 3 universidades e 5 parceiros tecnológicos, assente nos seguintes eixos: sistemas robóticos inteligentes (robôs colaborativos), sistemas avançados de inspeção e rastreabilidade (visão artificial), sistemas autónomos de movimentação, fábrica digital e fábrica do futuro (baixa cadência e alta diversidade).

Um número significativo das medidas que compõem a estratégia para a Indústria 4.0 procuram capacitar os recursos humanos com uma forte aposta na formação desde tenra idade e ao longo de toda a vida, tendo como prioridade a reconversão dos trabalhadores e a criação de novos empregos.

O Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas Industriais (IAPMEI), como parceiro das PME no desenvolvimento e inovação, coloca-se mais uma vez ao lado das empresas neste novo desafio, apoiando-as nesta adaptação, nomeadamente através da disponibilização de um conjunto de sistemas de incentivos que têm como objetivo a modernização e inovação dos seus produtos, serviços e modelos de negócio, tornando-as mais competitivas no contexto da Indústria 4.0. Neste âmbito tem disponível um sistema de incentivos (Portaria n.º 57-A/2015 de 27 de fevereiro), distribuído por três tipologias de ação, a saber (IAPMEI, 2017):

1. I&D| Sistemas de Incentivos enquadrados

No âmbito desta iniciativa encontram-se disponíveis:

1.1. O Sistema de incentivos I&D Empresas tem como objetivos aumentar a intensidade de investigação & inovação (I&I) nas empresas e a sua valorização económica; aumentar os projetos e atividades em cooperação das empresas com as restantes entidades do sistema de I&I; desenvolver novos produtos e serviços, em especial em atividades de maior intensidade tecnológica e de conhecimento; reforçar as ações de valorização económica dos projetos de investigação e desenvolvimento (I&D) com sucesso; e aumentar a participação nacional nos programas e iniciativas internacionais de I&I.

Esta medida pretende apoiar projetos compreendendo atividades de investigação industrial e desenvolvimento experimental, conducentes à criação de novos produtos, processos ou sistemas ou à introdução de melhorias significativas em produtos, processos ou sistemas exigentes.

1.2. O sistema de incentivos Núcleos de I&D tem como objetivos aumentar a intensidade de I&I nas empresas e a sua valorização económica; aumentar os projetos e atividades em cooperação das empresas com as restantes entidades do sistema de I&I; desenvolver novos produtos e serviços, em especial em atividades de maior intensidade tecnológica e de conhecimento; reforçar as ações de valorização económica dos projetos de I&D com sucesso; e aumentar a participação nacional nos

programas e iniciativas internacionais de I&I. Esta medida apoia projetos que procurem criar ou reforçar as competências e capacidades internas das empresas através da criação de estruturas dedicadas à realização de I&D e necessária certificação dos sistemas de gestão de investigação desenvolvimento e inovação pela norma NP 4457, contemplando custos diretos (despesas com pessoal técnico dedicado à dinamização do núcleo de I&D; formação de RH; assistência técnica, científica e consultoria necessárias à estruturação do núcleo; instrumentos e equipamento científico e técnico, software para o projeto, entre outros) e indiretos.

1.3. O Vale I&D destina-se a projetos para aquisição de serviços em atividades de investigação e desenvolvimento tecnológico e de transferência de tecnologia.

Consideram-se elegíveis os serviços de consultoria em atividades de investigação e desenvolvimento tecnológico, bem como os serviços de transferência de tecnologia, desde que preencham cumulativamente as seguintes condições:

- Serem exclusivamente imputáveis ao estabelecimento do beneficiário onde se desenvolve o projeto;
- Resultarem de aquisições em condições de mercado a terceiros não relacionados com o adquirente;
- Resultarem de aquisições a entidades acreditadas para a prestação do serviço em causa.

2. Inovação Produtiva| Sistemas de Incentivos enquadrados

No âmbito desta iniciativa encontram-se disponíveis:

2.1. O sistema de inovação produtiva que procura promover a inovação empresarial, através das tipologias Inovação Produtiva PME e Inovação Produtiva Não PME.

Na tipologia Inovação Produtiva PME, são suscetíveis de apoio projetos para: a) produção de novos bens e serviços ou melhorias significativas da produção atual através da transferência e aplicação de conhecimento; b) adoção de novos, ou significativamente melhorados, processos ou métodos de fabrico, de logística e distribuição, bem como métodos organizacionais.

Na tipologia Inovação Produtiva Não PME, são suscetíveis de apoio projetos para: a) produção de novos bens e serviços ou melhorias significativas da produção atual através da transferência e aplicação de conhecimento; b) adoção de novos ou significativamente melhorados, processos ou métodos de fabrico.

2.2. O sistema de Empreendedorismo Qualificado e Criativo destina-se a PME com menos de 2 anos.

São suscetíveis de financiamento os projetos a dinamizar em setores com fortes dinâmicas de crescimento, incluindo os integrados em indústrias criativas e culturais, e/ou setores com maior intensidade de tecnologia e conhecimento ou que valorizem

a aplicação de resultados de I&D na produção de novos bens e serviços, valorizando a articulação como ecossistema do empreendedorismo.

Consideram-se enquadráveis os investimentos de natureza inovadora, relacionados com a criação de um novo estabelecimento, que se traduzam na produção de bens e serviços transacionáveis e internacionalizáveis e com elevado nível de incorporação nacional e que correspondam a um investimento inicial, conforme definido no artigo 2.º do Regulamento (UE) n.º 651/2014, de 16 de junho.

No caso dos projetos de Empreendedorismo Qualificado e Criativo são apoiadas atividades de elevado valor acrescentado, com efeitos indutores de alteração do perfil produtivo da economia, ou seja, a criação de empresas dotadas de recursos humanos qualificados, de empresas que desenvolvam atividades em setores com fortes dinâmicas de crescimento e ou setores com maior intensidade de tecnologia e conhecimento ou de empresas que valorizem a aplicação de resultados de I&D na produção de novos bens e serviços.

2.3. O Vale Indústria 4.0 tem como objetivo promover a definição de uma estratégia tecnológica própria, com vista à melhoria da competitividade da empresa, alinhada com os princípios da Indústria 4.0.

Pretende-se com esta medida a transformação digital através da adoção de tecnologias que permitam mudanças disruptivas nos modelos de negócio de PME (aquisição de serviços de consultoria com vista à identificação de uma estratégia conducente à adoção de tecnologias e processos associados à Indústria 4.0., nomeadamente nas áreas de desenho e implementação de estratégias aplicadas a canais digitais para gestão de mercados, canais, produtos ou segmentos de cliente; desenho, implementação, otimização de plataformas de Web Content Management (WCM), Campaign Management, Customer Relationship Management e E-Commerce, etc.).

Estes vales têm o valor unitário de 7500 euros e deverão apoiar mais de 1500 empresas, representando um investimento público de 12 milhões de euros.

3. Economia Digital | Sistemas de Incentivos enquadrados

Nesta iniciativa encontram-se disponíveis:

3.1. O sistema Qualificação Projeto Individual tem como objetivo reforçar a capacitação empresarial das PME através da inovação organizacional, aplicando novos métodos e processos organizacionais e incrementando a flexibilidade e a capacidade de resposta no mercado global, com recurso a investimentos imateriais na área da competitividade (inovação organizacional e gestão, economia digital, criação de marcas e design, desenvolvimento e engenharia de produtos, serviços e processos, proteção da propriedade industrial, qualidade, transferência de conhecimento, distribuição e logística, eco-inovação).

4. ESTUDO EMPÍRICO

Neste capítulo vamos proceder à análise de um estudo empírico realizado às empresas da região Centro. Em primeiro lugar é definida a metodologia do estudo, tendo-se optado pela realização de entrevistas a empresas da região de Viseu. Posteriormente procedeu-se à realização de um inquérito a empresas dos distritos da Região Centro, de modo a percebermos melhor o estado de implementação da indústria 4.0 e as suas perspetivas futuras.

4.1. Metodologia

O estudo empírico recorreu primeiramente à técnica de entrevistas semiestruturadas a empresários ligados à indústria, de modo a percebermos os fatores de atratividade e desenvolvimento tecnológico. Os benefícios e as dificuldades que decorrem da implementação de tecnologias associadas à nova revolução industrial, as vantagens competitivas da região e os fatores regionais a promover foram também questões analisadas nas entrevistas. A população-alvo definida para o presente estudo qualitativo é constituída pelas empresas de base industrial da Região de Viseu (Nuts III). Num primeiro momento, a amostra estabelecida para as entrevistas foi definida por conveniência, tendo por base alguns contactos realizados pelos investigadores, procurando-se, no entanto, diversificar por tipo de setores de atividade.

Posteriormente este estudo empírico foi enriquecido com um inquérito a uma amostra mais alargada de empresas, cobrindo os distritos de Viseu, Aveiro, Castelo Branco, Coimbra, Guarda e Leiria. O inquérito incluía questões sobre o nível atual de implementação de tecnologias associadas à indústria 4.0, bem como uma projeção da empresa para o seu desenvolvimento tecnológico dentro de 5 anos. As áreas do conhecimento importantes para esse desenvolvimento e a situação atual da empresa ao nível dos recursos humanos nessas áreas foi também objeto de análise. O inquérito incluía adicionalmente um conjunto de questões que pretendiam aferir a opinião das empresas da região quanto aos benefícios e quanto aos maiores desafios a enfrentar na implementação das tecnologias de nova geração. Uma última secção do questionário abrangia dois grupos de questões sobre os fatores regionais considerados potenciadores do desenvolvimento de um *cluster* de empresas da indústria 4.0. Os fatores regionais elencados foram classificados pelas empresas quanto à sua importância e disponibilidade na região nas quais estão localizadas.

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o *software* IBM SPSS Statistics (versão 24) e o Microsoft Excel (Microsoft Office 2016). Na análise inferencial, a comparação de grupos teve por base os testes de Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, Qui-Quadrado e o teste

exato de Fisher. Recorreu-se também ao teste do sinal e ao teste de Wilcoxon para amostras emparelhadas. A regressão ordinal foi aplicada para analisar os determinantes do nível tecnológico das empresas. Considerou-se um nível de significância de 5%.

4.2. Entrevistas realizadas

Foram realizadas 14 entrevistas a empresas de diferentes setores da atividade económica (ex: consultoria informática, desenho, otimização e fabrico de equipamento de proteção desportivo, fabricação e manutenção de componentes para equipamentos informáticos e reparação de computadores e equipamento periférico, idealização e programação de software de gestão, fabrico de equipamento de proteção e segurança, reciclagem de resíduos industriais e domésticos, indústria de componentes automóvel, projetos de media, webpages, apps e outras soluções de publicidade da empresa e seus produtos). Procurou-se que as entrevistas abrangessem empresas com características diferenciadas não apenas ao nível do setor de atividade, mas também no número de empregados (de 10 a 700), volume de negócios (0,25 a 380 milhões – dados de 2016), composição do capital social (participação estrangeira de 0% a 100%) e mercados onde atuam (nacional e externo (variando de 9 a 100% o volume de negócios para exportação)).

Para a maioria dos entrevistados (71%) a escolha da região de Viseu para incorporar a sua empresa prendeu-se com o facto de os fundadores serem naturais da região. Duas empresas no ramo da informática (14%) referiram como fatores de localização a existência de um polo de formação de referência, o Instituto Politécnico de Viseu (IPV). O baixo custo de mão-de-obra e de instalação, relativamente a outras regiões do país, a qualidade de vida, a estratégia de crescimento económico, a atratividade e dinamismo regional foram outros fatores referidos para a localização da empresa na região.

Quando questionadas sobre as vantagens da localização na região de Viseu, a qualidade de vida foi identificada por cerca de 79% das empresas. A localização geográfica favorável e as boas vias de comunicação, o baixo custo de mão-de-obra e de infraestruturas, o facto de a região dispor de mão-de-obra qualificada proveniente de instituições de ensino superior locais, o acolhimento dos organismos locais, o baixo custo de vida, a existência de empresas de base tecnológica, a existência de infraestruturas de fibra ótica, o facto do mercado de recursos humanos não ser muito competitivo (na área da informática), a existência de incubadoras de empresas e o acesso a sistemas de incentivos regionais, foram outras vantagens referidas para a implementação das empresas na região de Viseu (Gráfico 13).

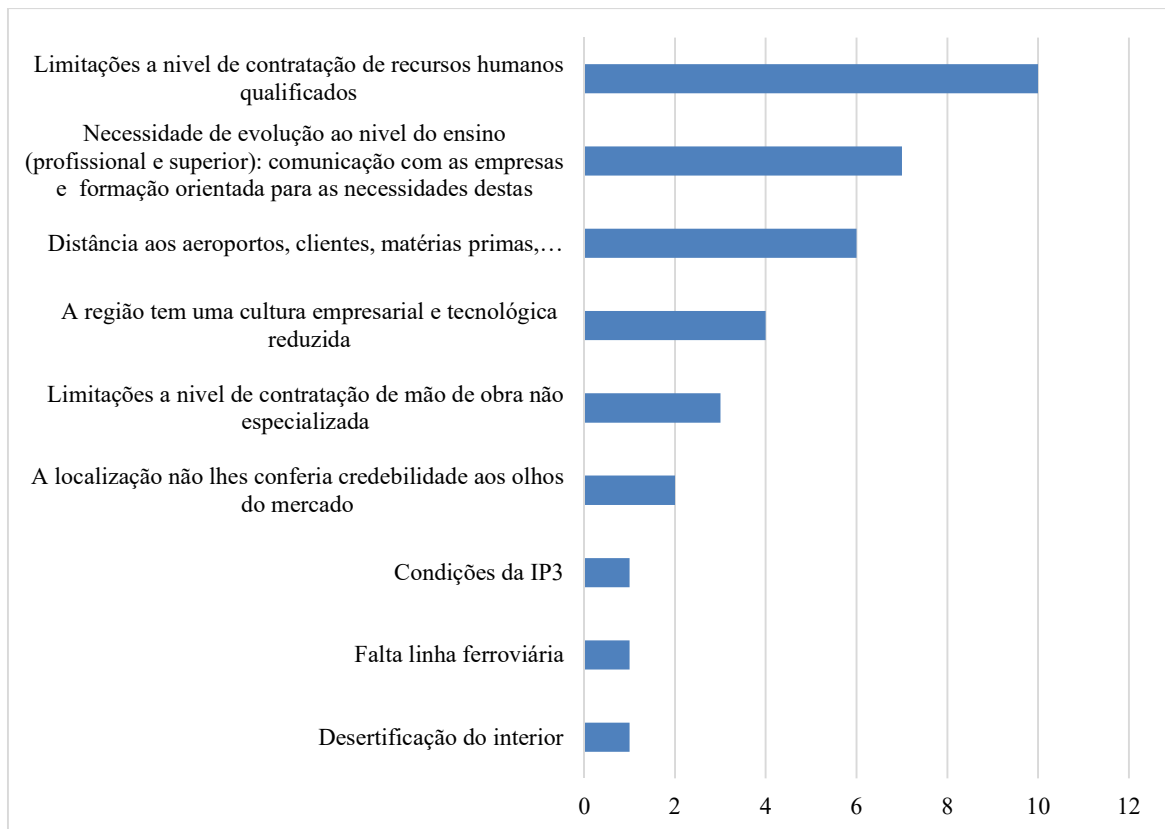
Gráfico 13 - Vantagens da região de Viseu como local de implantação da empresa



Contudo, continuam a verificar-se carências ao nível de mão-de-obra qualificada. Muitas empresas salientam as limitações que decorrem da dificuldade em contratar profissionais qualificados, licenciados e não licenciados, nomeadamente em determinadas áreas tecnológicas, e a necessidade de reforçar canais de comunicação/parcerias entre as instituições de ensino e o tecido empresarial, permitindo, deste modo, que a formação dê resposta às necessidades do mercado de trabalho (Gráfico 14). Além disso, algumas empresas referiram dificuldades de contratação de mão-de-obra não especializada, especialmente quando a taxa de desemprego é menor e para o trabalho em turnos.

A região apresenta ainda outros constrangimentos: a necessidade de deslocações frequentes a cidades com aeroportos internacionais, o facto de as sedes de muitas empresas/instituições se situarem noutras locais e o reduzido número de empresas com forte componente tecnológica. A cultura empresarial e tecnológica reduzida é, de facto, referida em algumas entrevistas como um forte obstáculo ao desenvolvimento tecnológico das empresas da região. A ausência de transporte ferroviário, as condições da IP3 e a desertificação do interior surgem também como fatores estranguladores do desenvolvimento regional.

Gráfico 14 - Desvantagens da Região de Viseu



De uma forma genérica os empresários consideram o processo de criação da empresa bastante simplificado, contudo, deparam-se com um conjunto de dificuldades no desenvolvimento da sua atividade. A título de exemplo referem a certificação de processos, o registo de patentes, os procedimentos contabilísticos, a complexidade da legislação laboral, as constantes alterações de governos/políticas e a elevada burocracia. Alguns empresários consideram mesmo que o “Estado” não é um facilitador, por ser pouco sensível às questões empresariais. A conquista de mercados, o financiamento de projetos e a escolha da melhor tecnologia tendo em conta os recursos disponíveis, constituem outros desafios apontados. De facto, a quase inexistência de *Business Angels* ou capitais de risco que ajudem a aceleração empresarial pode ser um elemento responsável por uma retração de um crescimento mais sustentado das empresas de base tecnológica ou, ainda, um obstáculo ao impulsionador de *startups* com potencial.

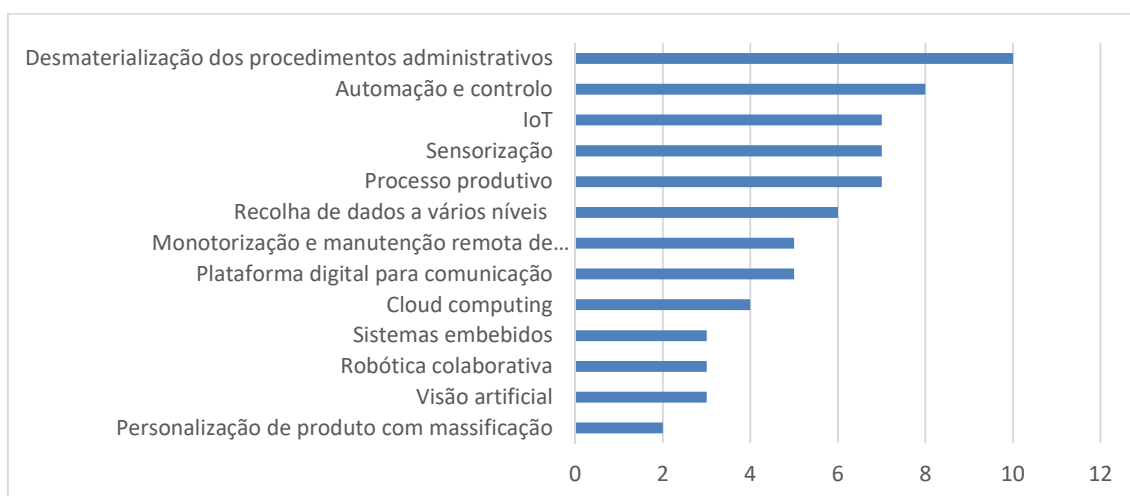
Quanto aos investimentos realizados nos últimos 3 anos, tem-se privilegiado os recursos humanos, assim como os equipamentos, as instalações produtivas e os recursos tecnológicos (hardware e software), a internacionalização, a divulgação da empresa, a I&D, a diversificação da atividade, a procura e ampliação de mercados e a certificação (Gráfico 15).

Gráfico 15 - Investimentos nos últimos 3 anos



Particularmente, o investimento em tecnologias da indústria 4.0 tem privilegiado a desmaterialização dos procedimentos administrativos, a automação e controlo, a IoT, a sensorização, o processo produtivo, a recolha de dados, a monitorização e manutenção remota de equipamentos, plataformas digitais para comunicação, a computação em nuvem (*Cloud computing*), sistemas embebidos (sistema com uma função dedicada dentro de um sistema mecânico ou elétrico, geralmente com capacidades de gerar informações e bi-direcional em tempo real), a robótica colaborativa, a visão artificial, a personalização do produto com massificação, entre outras (Gráfico 16).

Gráfico 16 - Investimento em tecnologias no âmbito da indústria 4.0



Todas as empresas estabeleceram, em algum momento, ligações com instituições de ensino superior e/ou de investigação. Foram referidas parcerias com o Instituto Politécnico de Viseu e o Instituto Politécnico de Leiria, com o Instituto Superior Técnico de Lisboa, com as Universidades de Aveiro, Coimbra, Minho, Trás-os-Montes e Alto Douro e da Beira Interior, com a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, com o Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, com o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e com o Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade (ITeCons).

Todas as empresas referem que na sua cadeia de valor há unidades que recorrem às tecnologias de nova geração, constituindo este facto um forte fator motivacional para que prossigam o seu processo de implementação de novas tecnologias. De notar, ainda, que para grande parte das empresas (79%) os principais concorrentes são estrangeiros e muitos incorporam sistemas inteligentes de IoT.

Um número muito significativo de empresas (79%) refere que já beneficiaram de apoios comunitários em áreas como: internacionalização, contratação/recursos humanos, inovação, qualificação, modernização, equipamento, I&D, gestão documental, informatização do sistema de qualidade, entre outras.

Os empresários identificam como principais constrangimentos ao investimento em tecnologias da indústria 4.0 o elevado volume de recursos financeiros requeridos, o longo período de recuperação do investimento, a incerteza que lhe está associada, a sua intangibilidade, a falta de conhecimentos (i.e., baixa “cultura tecnológica”), a reduzida ligação entre as empresas e as instituições locais e a ausência de uma motivação forte (“driver”). Outro obstáculo referido prende-se com o facto dos apoios financeiros a projetos, ao nível das tecnologias, serem demasiado amplos e transversais. Estes deviam ser mais específicos e mais detalhados, e deviam existir tutorias, ações de formação e de divulgação, com exemplos concretos de aplicabilidade prática, permitindo orientar e esclarecer os empresários relativamente às oportunidades oferecidas pelos diferentes incentivos. O desenvolvimento de produtos/serviços tecnologicamente avançados, inteligentes e dirigidos às expectativas dos consumidores constitui outro desafio importante. Referem ainda as dificuldades associadas à capacidade em armazenar e interpretar toda a informação que é gerada, à escassez de organizações dotadas de competências para implementar as tecnologias 4.0 nas empresas (robotização, automatização de processos produtivos), à falta de mão-de-obra qualificada e de assistência técnica adequada, à escassez de investigação em parcerias com instituições de ensino/investigação e à transformação dos processos produtivos/administrativos para a integração das novas tecnologias. A acrescentar, apenas cinco empresas (três das quais operam em áreas da informática) afirmaram possuir, ao nível dos recursos humanos, as competências necessárias para fazer face aos novos desafios tecnológicos da indústria 4.0.

Como fatores de atração/fixação de indústria baseada na digitalização (Indústria 4.0, IoT), os empresários referem que as regiões devem oferecer, entre outras, as seguintes

condições: parques industriais, incubadoras de empresas, condições fiscais semelhantes a outros países Europeus, comunicação entre empresas e governos/instituições locais, disponibilização e acesso a base de dados, canais que propiciam parcerias entre pequenas e grandes empresas, incentivos ao empreendedorismo e ao emprego (nomeadamente a estágios profissionais), incentivos à I&D, custo competitivo de mão-de-obra qualificada, ações de divulgação dos benefícios e recursos para implementar novas tecnologias, proximidade de empresas de base tecnológica e a presença de infraestruturas de comunicação de 5ª geração e ligadas ao IoT (*LPWA-Low Power wide area network*, Amber Wireless, Coronis, CIoT da Huawei, LoRa, M2M Spectrum Networks, NWave, On-Ramp Wireless, Senaptic, Sigfox, entre muitos outros).

A par da qualidade de vida, a segurança de pessoas, bens e dados, uma boa dinâmica cultural, boas acessibilidades e boas condições ao nível dos cuidados de saúde e de educação foram também evidenciadas como fatores importantes a não descorar.

Ao nível da educação, salienta-se a importância de aproximar a formação de profissionais às reais necessidades das empresas, quer ao nível de profissionais licenciados quer ao nível de técnicos especializados (sem licenciatura), como um dos aspetos mais importantes à evolução tecnológica das empresas.

De seguida, explanam-se os principais resultados provenientes do inquérito efetuado às empresas da região centro.

4.3 Análise de resultados dos inquéritos

Como já foi referido, o inquérito foi realizado à população empresarial da região Centro. A base de dados utilizada para o envio do inquérito *on-line* teve por base as empresas da região Centro, incluídas na SABI (*Sistema de Análisis de Balances Ibéricos*). Das 241 empresas que responderam ao inquérito, 8 (3,3%) responderam “Não sabe/Não responde” (NS/NR) em mais de 75% dos itens questionados. Para além destas, outras sete optam por responder “Não sabe/Não responde” (NS/NR) ou “Não Aplicável” (NA) em mais de 86% das questões. Estas quinze empresas representam 6% do total de respostas ao inquérito e são microempresas de diferentes setores de atividades e distritos. O número de respostas NA e NS/NR sugere que estas empresas estão pouco sensibilizadas para a temática em estudo, tendo sido, por isso excluídas da análise. Tendo em conta estas condicionantes a amostra analisada é constituída por 226 empresas. A Tabela 15 apresenta a distribuição das empresas por secções de CAE-Rev.3 (Instituto Nacional de Estatística, 2007)

Tabela 15 - Distribuição das empresas por secções de CAE (Instituto Nacional de Estatística, 2007)

Secção	Designação	CAEs	Número	%
A	Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca	01+02+03	7	3,1
B	Indústrias extrativas	05+06+07+08+09	1	0,4
C	Indústrias transformadoras	10+11+12+13+14+15+16+17+18+19 +20+21+22+23+24+25+26+27+28+29 +30+31+32+33	52	23,0
D	Eletricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio	35	1	0,4
E	Captação, tratamento e distribuição de água; saneamento, gestão de resíduos e despoluição	36+37+38+39	1	0,4
F	Construção	41+42+43	18	8,0
G	Comércio por grosso e a retalho; reparação de veículos automóveis e motociclos	45+46+47	61	27,0
H	Transportes e armazenagem	49+50+51+52+53	4	1,8
I	Alojamento, restauração e similares	55+56	10	4,4
J	Atividades de informação e de comunicação	58+59+60+61+62+63	9	4,0
K	Atividades financeiras e de seguros	64+65+66	4	1,8
L	Atividades imobiliárias	68	3	1,3
M	Atividades de consultoria, científicas, técnicas e similares	69+70+71+72+73+74+75	32	14,2
N	Atividades administrativas e dos serviços de apoio	77+78+79+80+81+82	7	3,1
O	Administração Pública e Defesa; Segurança Social Obrigatória	84	0	0
P	Educação	85	4	1,8
Q	Atividades de saúde humana e apoio social	86+87+88	8	3,5
R	Atividades artísticas, de espetáculos, desportivas e recreativas	90+91+92+93	0	0
S	Outras atividades de serviços	94+95+96	1	0,4
T	Atividades das famílias empregadoras de pessoal doméstico atividades de produção das famílias para uso próprio	97+98	0	0
U	Atividades dos organismos internacionais e outras instituições extra-territoriais		0	0
	Anónimas		3	1,3
Total			226	100

No presente estudo, procedeu-se à agregação de algumas secções, tendo presente o número de empresas e a afinidade entre elas, com o propósito de reduzir os setores de atividade objeto de análise. Assim, agregaram-se as secções B e C, formando um grupo de indústrias extrativas e transformadoras, C2, assim como as secções D, E, F e L, criando um grupo de empresas nas áreas da construção, eletricidade, gás, ar frio, água (captação, tratamento,...) e atividades imobiliárias, C3, e ainda as secções J, K e M, obtendo-se um grupo de empresas com atividades de consultoria, científicas, técnicas, de informação e

comunicação, financeiras e seguros, C6. As secções A, G e I, foram nomeadas C1, C4 e C5, respetivamente. Todas as outras secções foram agregadas numa secção única, Outras, C7 (Tabela).

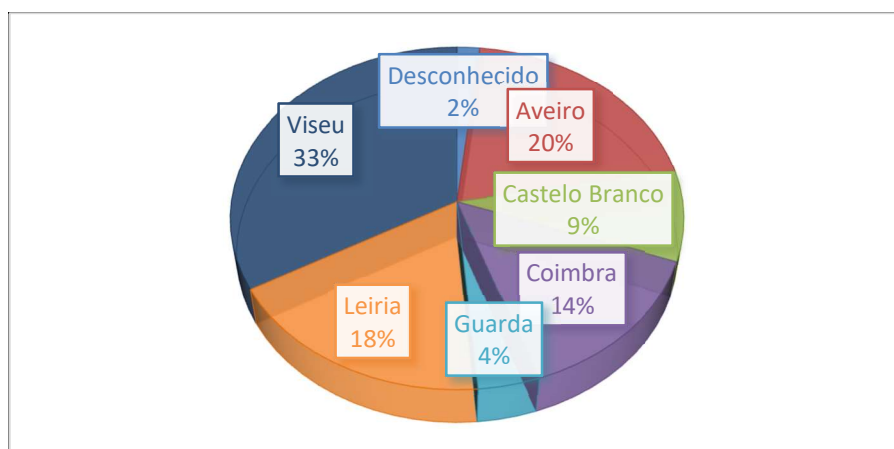
Tabela 16 - Distribuição das empresas por grupos de CAE, após agregação de algumas secções

Descrição	Secções	Grupo de CAEs	N	%
C1 – Agricultura, pecuária e afins	A	Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca	7	3,1
C2 - Indústrias extrativas e transformadoras	B e C	Indústrias extrativas e transformadoras	53	23,5
C3 – Atividade imobiliária, <i>utilities</i> e afins	D, E, F e L	Construção, imobiliária, eletricidade, água, gás,...	23	10,2
C4 – Comércio (grosso/retalho) e reparação de veículos	G	Comércio (grosso/retalho), reparação de veículos	61	27,0
C5 - Alojamento, restauração e similares	I	Alojamento, restauração e similares	10	4,4
C6 – Atividades de consultoria, técnicas e similares	J, K e M	Atividades: consultoria, científicas, técnicas, informação e comunicação, financeiras, seguros	45	19,9
C7 - Outras	H, N, P, Q, S	Outras	24	10,6
		Anónimas	3	1,3
		Total	226	100

Os setores mais bem representados na amostra são o comércio e reparação de veículos (27.0%), a indústria extrativa e transformadora (23.5%) e as atividades de consultoria, técnicas e similares (19.9%).

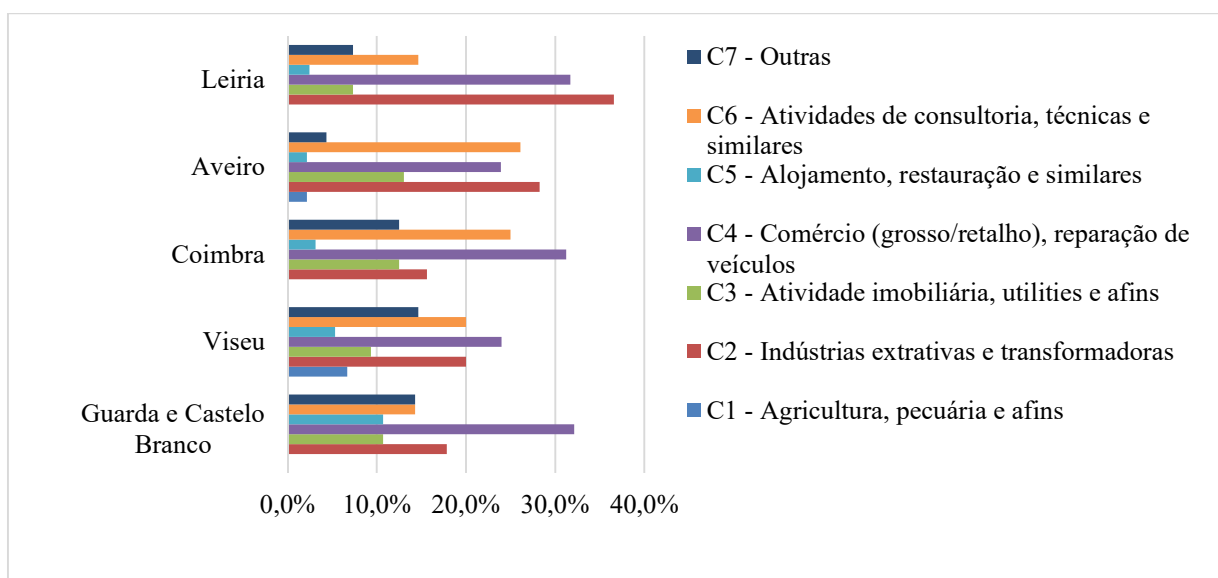
As empresas da amostra distribuem-se por seis distritos, de acordo com o Gráfico 17. Viseu é o distrito mais bem representado na amostra (33%), seguindo-se Aveiro (20%) e Leiria (18%). Dada a pouca representatividade dos distritos de Castelo Branco e Guarda, estes consideram-se agrupados nas análises subsequentes.

Gráfico 17 - Distribuição das empresas por distrito



Analisando a distribuição dos setores de atividade por distrito, mais uma vez verificamos que os setores com maior representatividade em cada distrito são os que já referimos acima: o setor do comércio (grosso/retalho) e reparação de veículos (C4); o setor das indústrias extrativas (C2) e as atividades de consultoria, técnicas e similares (C6) (Gráfico 18).

Gráfico 18 - Distribuição dos setores de atividade por distrito



Nas Tabela 17 e 18 apresenta-se uma descrição sumária das empresas da amostra em termos de grandezas económico/financeiras relevantes.

Tabela 17 - Caracterização das empresas relativamente a algumas grandezas económico/financeiras

	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Mínimo	Máximo
Vendas e serviços prestados (Milhares de euros)	231,25	78,65	871,95	0,00	275.036,38
Total Ativo (Milhares de euros)	312,04	103,57	943,03	4,17	205.019,07
Número de Empregados	5,00	2,00	13,00	1,00	949,00
Capital Próprio (Milhares de euros)	94,11	15,83	414,25	-899,36	105.754,33
Autonomia Financeira (%)	0,34	0,16	0,58	-3,14	0,95
ROA (%)	3,45	0,07	9,30	-346,04	81,91
Ativos intangíveis (Milhares de euros)	0,00	0,00	1,00	0,00	720,30
Peso dos intangíveis no ativo total (Ativos intangíveis/ Total Ativo)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72

Tabela 18 - Distribuição do Total do Ativo e ROA por distrito

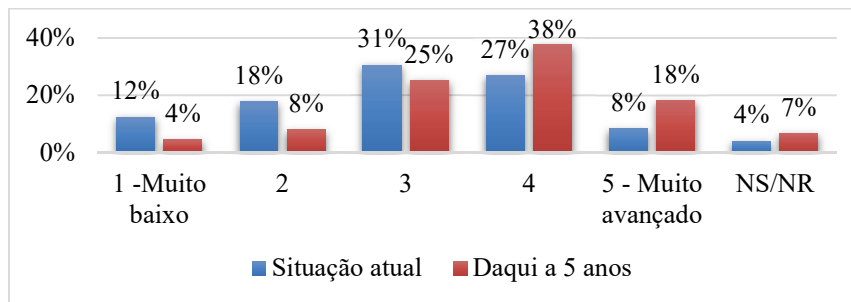
Distritos	Total Ativo (milhares de euros)			ROA (%)		
	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	Mediana	1º Quartil	3º Quartil
Guarda e Castelo Branco	347,52	102,70	955,67	2,13	-0,10	6,44
Viseu	268,91	79,95	751,62	3,74	0,56	9,66
Coimbra	269,68	69,66	1026,94	2,48	-12,40	15,32
Aveiro	308,51	113,74	1090,13	4,41	0,72	12,29
Leiria	381,12	170,02	868,09	3,45	-0,32	7,98

As empresas foram questionadas quanto ao atual nível de implementação de tecnologias da indústria 4.0 e como esperavam estar daqui a 5 anos (numa escala de 1 “muito baixo” a 5 “muito avançado”).

Quanto à situação atual, cerca de 4% das empresas têm dificuldades em avaliar a sua posição, tendo optado por responder “Não sabe/Não responde” – NS/NR, aumentando aquela percentagem para 7% quando questionadas sobre a previsão para 5 anos. No contexto atual, a maioria das empresas (66%) posiciona-se num nível pelo menos intermédio (respostas nas categorias 3 ou superior) e 35,4% afirma-se mesmo como estando num nível avançado (respostas nas categorias 4 e 5). Acrescenta-se, ainda, que apenas 12,4% se posicionam num nível muito baixo (categoria 1) e 17,7% num nível baixo (categoria 2) (Gráfico 19).

A projeção que fazem para daqui a 5 anos revela uma melhoria notável, diminuindo a percentagem de empresas que se antevê num patamar baixo (valores 1 e 2) na implementação destas tecnologias (de 30% para 12%) e passando de 66% para 81 % a percentagem de empresas que esperam estar num patamar pelo menos intermédio (valores 3, 4 e 5).

Gráfico 19 - Nível de implementação das tecnologias 4.0 atualmente e perspectivas para daqui a 5 anos

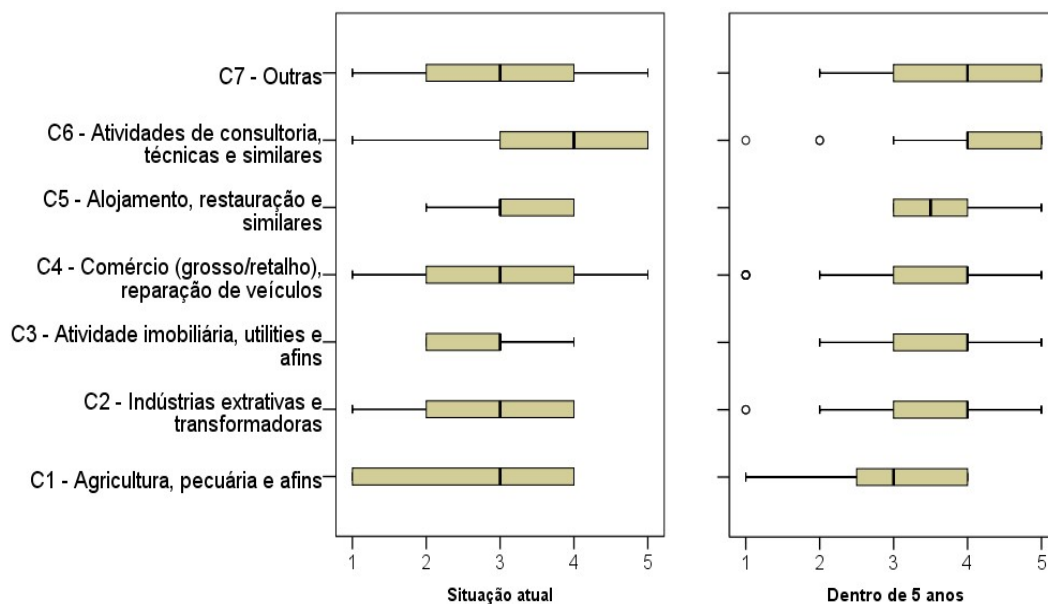


Excluindo as empresas que não responderam à questão, e estratificando a amostra por grupo de atividade económica, podemos observar que o nível de implementação de tecnologias inovadoras, tanto no contexto atual como na projeção a 5 anos, é superior no grupo C6 (atividades de consultoria, técnicas e similares) (Gráfico 20). Ademais, é de realçar que ao avaliar estatisticamente a diferença entre as empresas do Grupo C6 e as restantes, é possível identificar diferenças significativas tanto na situação atual como na projeção a 5 anos ($p=0.004$ e $p=0.001$, respetivamente).

Os diagramas de extremos e quartis mostram também, claramente, que na projeção a 5 anos as empresas anteveem-se num nível francamente mais avançado de implementação destas tecnologias (as caixas deslocam-se para a direita). Note-se que, no presente, todos os setores de atividade têm uma mediana (traço a bold face na caixa) maior ou igual a três, isto é, pelo menos 50% das empresas se assumem num nível intermédio (nível 3) ou superior. Daqui a 5 anos a mediana aumenta para todos os grupos de CAE exceto para o setor da agricultura, produção animal, caça, floresta e pescas.

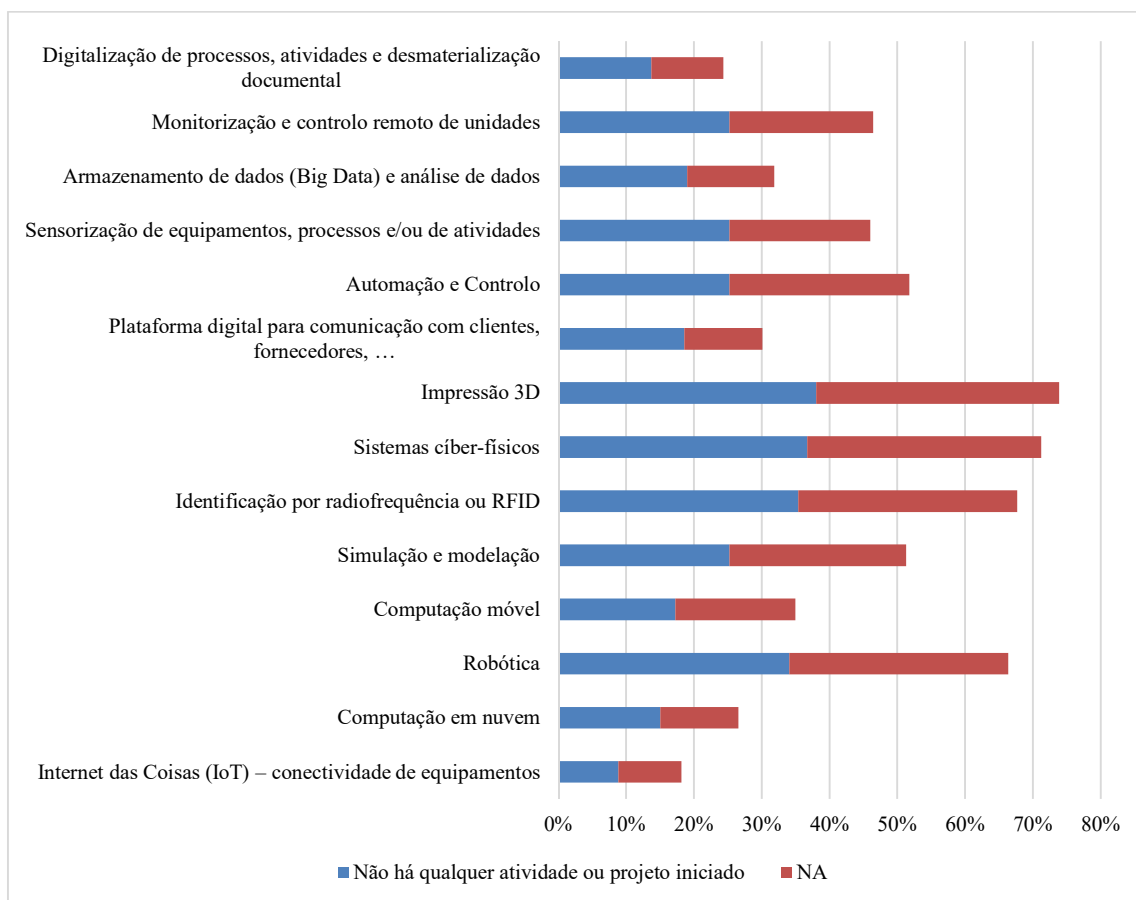
Na verdade, numa análise inferencial, comparando globalmente as respostas das empresas relativamente ao nível de implementação das tecnologias 4.0 no momento atual e a perspetiva para daqui a 5 anos, os níveis esperados pelas empresas para daqui a 5 anos revelaram-se significativamente superiores ($p<0.0005$).

Gráfico 20 - Nível atual de implementação das tecnologias 4.0, e perspectivas a 5 anos, por grupo de CAEs (1 – Muito baixo; 5 - Muito avançado)



Quando questionadas sobre o nível de implementação de tecnologias específicas, constatamos que a impressão 3D, os sistemas cíber-físicos, a identificação por radiofrequência (RFID) e a robótica são as menos adotadas pelas empresas, pois mais de 60% referem que estas tecnologias não são aplicáveis (NA) ou que não há qualquer atividade ou projeto iniciado (Gráfico 21).

Gráfico 21- Situação das empresas face a determinadas tecnologias: NA (Não aplicável) e nível 1 de resposta (Não há qualquer atividade ou projeto iniciado)



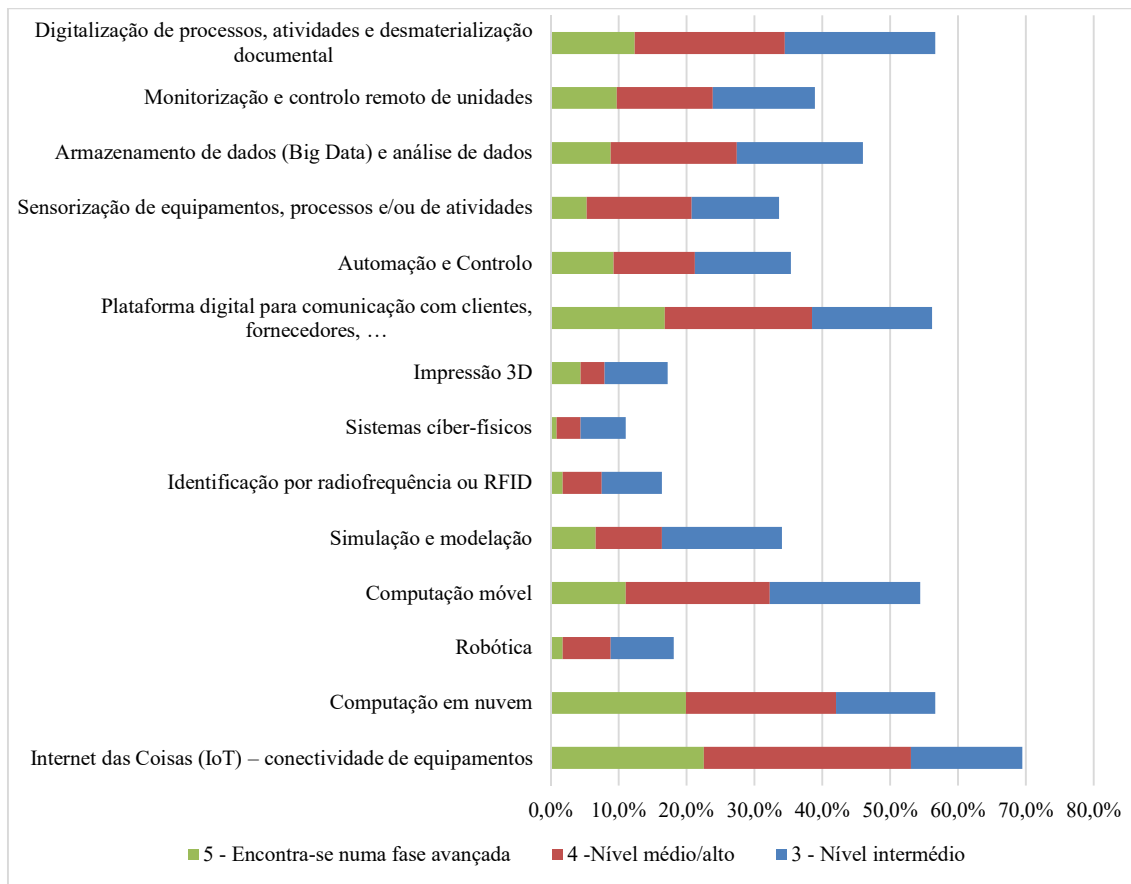
Por outro lado, como se pode verificar no Gráfico 22, as tecnologias que se destacam pelo elevado nível de implementação em muitas empresas são: a internet das coisas – IoT (53,1% de respostas nas categorias 4 e 5), a computação em nuvem (42%), computação móvel (32,3%), plataforma digital para comunicação com clientes, fornecedores, etc. (38,5%) e a digitalização de processos, atividades e desmaterialização documental (34,5%).

De referir, ainda, que um elevado número de empresas dá conta de algum desenvolvimento (respostas nas categorias 3, 4 ou 5) noutras tecnologias, nomeadamente:

- Armazenamento de dados e análise de dados (Big Data) (46%);
- Monitorização e controlo remoto de unidades (38,9%);
- Automação e controlo (35,4%);
- Simulação e modelação (34,1%);
- Sensorização de equipamentos, processos e/ou de atividades (33,6%);

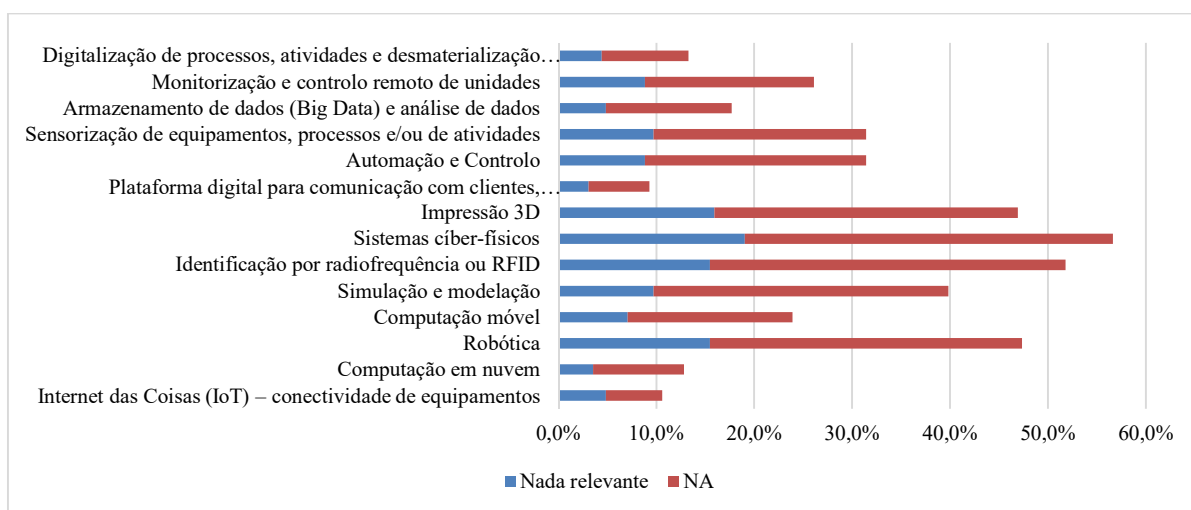
A percentagem de respostas em “Não Sabe/Não Responde” variou entre os 1,3% e os 9,7%.

Gráfico 22 - Situação das empresas face a determinadas tecnologias



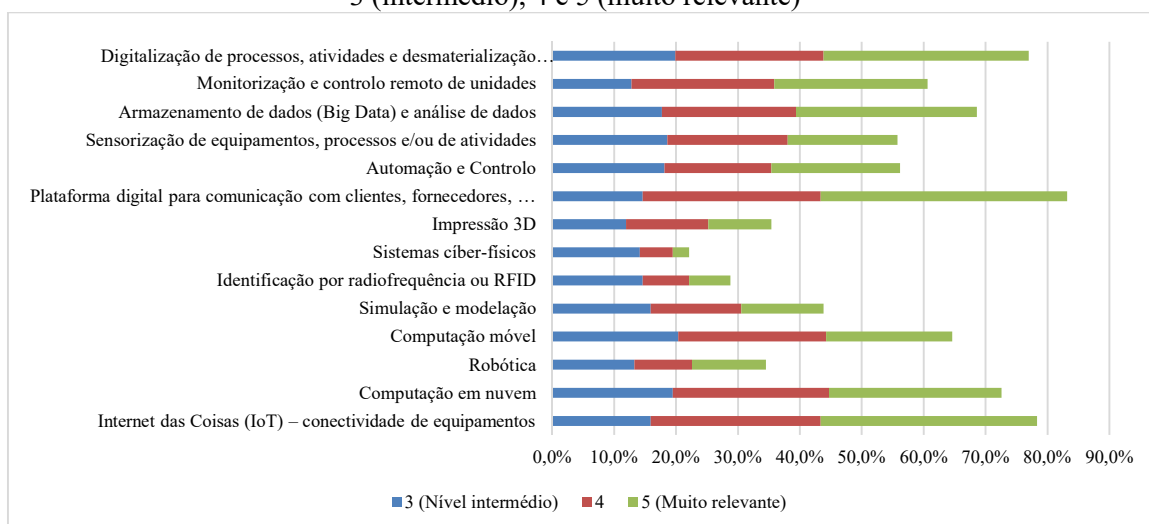
Para além da implementação, pretendeu-se também avaliar a relevância que cada uma destas tecnologias assume no desenvolvimento da empresa. Em concordância com o observado anteriormente, os sistemas ciber-físicos, a identificação por radiofrequência (RFID), a robótica e a impressão 3D são referidos como os menos relevantes (mais de 45% das empresas refere-as como “não aplicáveis”, ou como “nada relevantes”) (Gráfico 23).

Gráfico 23 - Relevância de determinadas tecnologias para o desenvolvimento da empresa: NA (Não aplicável) e nível 1 de resposta (Nada relevante)



Por outro lado, também de acordo com o que anteriormente foi referido, as tecnologias que se destacam pela maior relevância são: a internet das coisas – IoT, a computação em nuvem, computação móvel, plataforma digital para comunicação com clientes, fornecedores, etc. e a digitalização de processos, atividades e desmaterialização documental (Gráfico 24). Salienta-se, ainda, que para as restantes tecnologias (simulação e modelação, automação e controlo, sensorização de equipamentos, processos e/ou de atividades, armazenamento de dados (BIG Data) e análise de dados, monitorização e controlo remoto de unidades) mais de 40% das empresas admitiram a sua relevância (respostas no nível 3 ou superior).

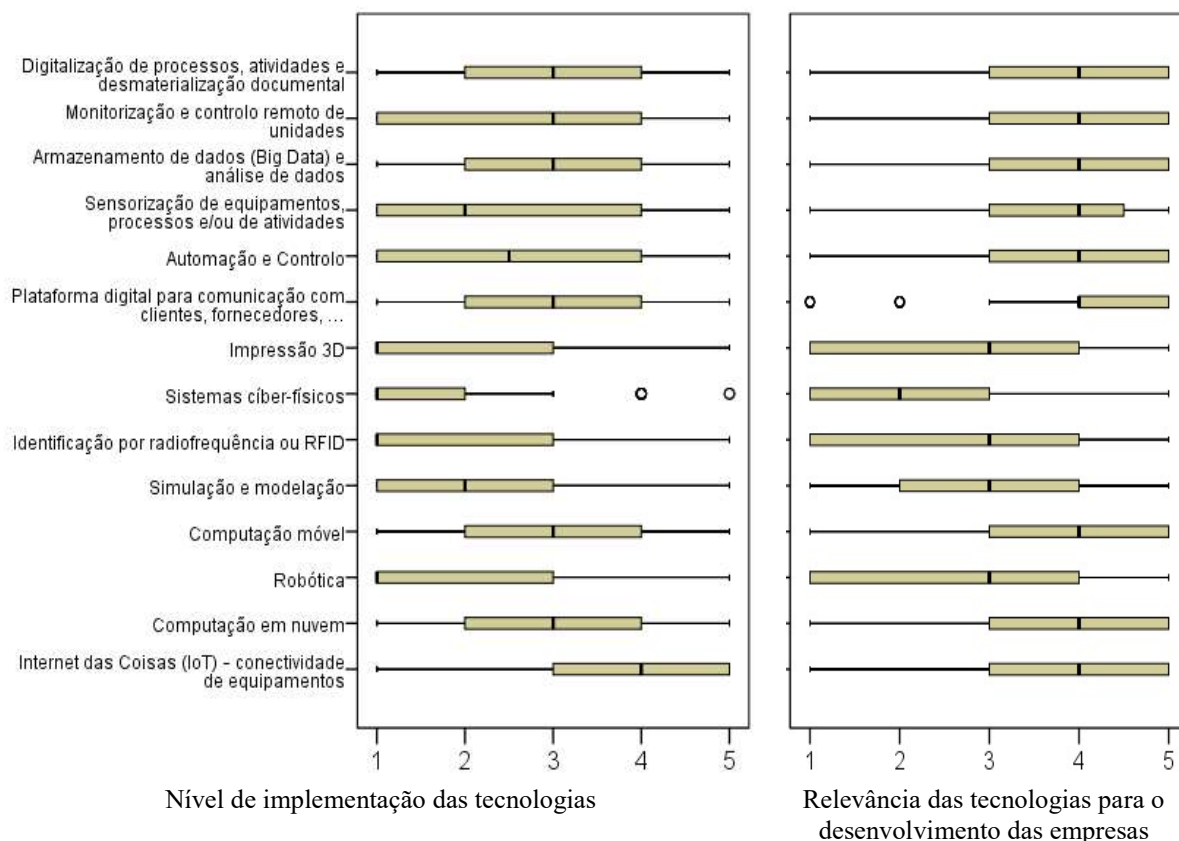
Gráfico 24 - Relevância de determinadas tecnologias para o desenvolvimento da empresa: níveis 3 (intermédio), 4 e 5 (muito relevante)



Analisando apenas as empresas em que as referidas tecnologias são aplicáveis (excluindo as respostas NS/NR e NA) construíram-se os diagramas do Gráfico 25, ilustrativos da distribuição dos níveis de implementação (à esquerda) e de relevância (à direita) referidos pelos inquiridos. De um modo geral, a implementação das tecnologias elencadas não se

encontra, ainda, numa fase avançada (categoria 5). Contudo a relevância de grande parte das tecnologias listadas é claramente admitida, sugerindo que as empresas reconhecem que têm ainda um longo caminho a percorrer em termos de novas tecnologias.

Gráfico 25 - Diagramas de caixas-com-bigodes do nível de implementação de determinadas tecnologias e sua relevância



Investigando o nível médio da adoção das tecnologias por setores de atividade (Tabela 19), verifica-se que a internet das coisas, a computação em nuvem, a computação móvel, a plataforma digital para comunicação com clientes, fornecedores, etc. e a digitalização de processos, atividades e desmaterialização documental são, tal como referido anteriormente, as mais desenvolvidas em quase todos os setores. No entanto, mesmo para estas, o nível médio não atinge o valor 3 (nível intermédio de desenvolvimento) em vários setores. Por exemplo, na Agricultura, produção animal e afins, na verdade, nenhuma das tecnologias atinge o valor médio 3. Ressalva-se, no entanto, a reduzida representatividade deste setor pelo reduzido número de empresas na amostra - apenas 7.

O grupo de empresas C6 (atividades de consultoria, técnicas e similares) é o grupo que apresenta um nível médio pelo menos igual a 3 (ou muito próximo) num maior número de tecnologias, sugerindo que este grupo de empresas já se encontra num franco caminho de desenvolvimento, o que está em consonância com o que foi observado anteriormente. Para além das tecnologias acima referidas, este grupo de empresas apresenta um nível médio de desenvolvimento pelo menos igual a 3 em: Simulação e modelação,

Armazenamento de dados (Big Data) e análise de dados, Monitorização e controlo remoto de unidades. Logicamente que, sendo empresas prestadoras de serviços em áreas tecnológicas, fará sentido que para além de estarem familiarizadas com os conceitos os tenham implementados e saibam implementar a terceiros.

As indústrias extrativas e transformadoras encontram-se também num nível razoável de desenvolvimento ao nível da: internet das coisas, computação em nuvem, automação e controlo, sensorização de equipamentos, processos e/ou de atividades, monitorização e controlo remoto de unidades e a digitalização de processos, atividades e desmaterialização documental. Uma potencial explicação da adoção das tecnologias específicas evidenciadas, poderá residir no facto de nestes setores um aumento da eficiência trará vantagens competitivas evidentes quer ao nível das rejeições do produto quer ao nível do aumento da produtividade das máquinas e equipamentos.

Tabela 19 - Nível médio de implementação de diversas tecnologias por grupo de CAEs.

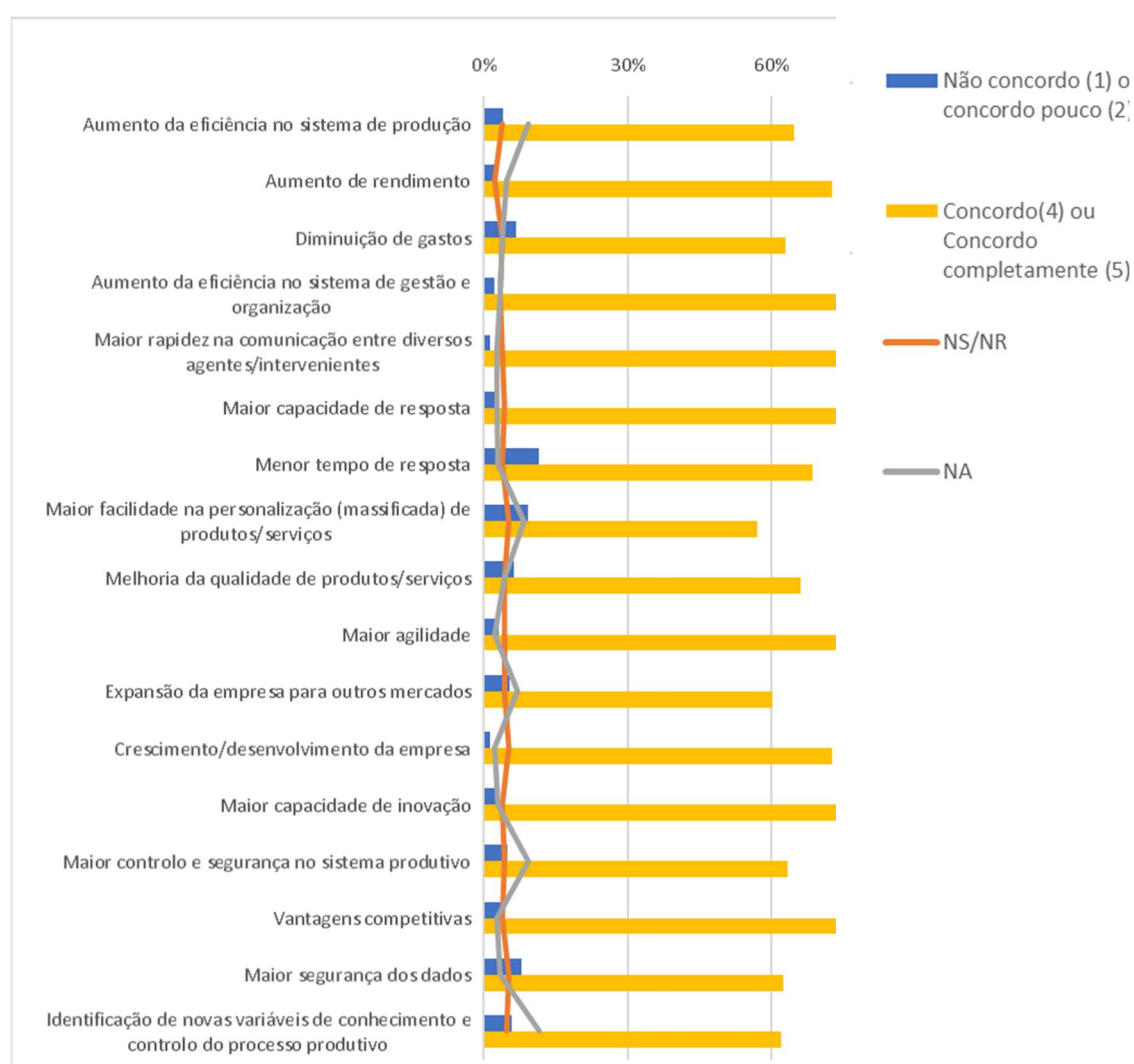
	C1 - Agricultura, pecuária e afins	C2 - Indústrias extrativas e transformadoras	C3 - Atividade imobiliária, <i>utilities</i> e afins	C4 - Comércio (grosso/retalho), reparação de veículos	C5 - Alojamento, restauração e similares	C6 - Atividades de consultoria, técnicas e similares	C7 - Outras
Internet das Coisas (IoT) – conectividade de equipamentos	2,67	3,19	4,05	3,60	3,78	3,66	3,42
Computação em nuvem	2,00	2,96	3,35	3,10	3,63	3,76	2,91
Robótica	1,50	2,36	1,77	1,78	1,57	2,00	1,33
Computação móvel	2,40	2,59	3,29	2,83	2,86	3,35	3,57
Simulação e modelação	1,20	2,70	2,71	2,24	1,50	3,00	2,06
Identificação por radiofrequência ou RFID	1,25	1,94	1,67	1,59	1,17	2,17	2,06
Sistemas ciber-físicos	1,25	1,85	1,57	1,58	1,17	1,91	1,44
Impressão 3D	1,20	1,83	1,80	1,75	1,17	2,37	1,93
Plataforma digital para comunicação com clientes, fornecedores, ...	1,86	2,67	3,00	3,08	3,44	3,63	3,14
Automação e Controlo	1,60	3,04	2,77	2,13	1,75	3,04	2,05
Sensorização de equipamentos, processos e/ou de atividades	1,40	2,84	2,71	2,27	1,75	2,46	2,53
Armazenamento de dados (Big Data) e análise de dados	1,83	2,67	2,44	2,41	2,63	3,46	3,09
Monitorização e controlo remoto de unidades	1,17	2,87	2,47	2,30	2,50	3,24	2,33
Digitalização de processos, atividades e desmaterialização documental	1,57	2,92	2,95	2,86	2,75	3,76	2,82

Questão: Como situa a sua empresa em termos das seguintes tecnologias da indústria 4.0? (1- Não há qualquer atividade ou projeto iniciado; 5 - Encontra-se numa fase avançada nesta área)

Nota: As células sombreadas correspondem a valores médios próximos de 3 ou superiores

Os benefícios da implementação destas tecnologias são claramente percebidos pela generalidade das empresas. De facto, apenas uma pequena percentagem de empresas (de 1,3% a 11,5%) não concorda com os benefícios elencados. Destacam-se como principais benefícios (percentagem de respostas concordantes acima de 70%): maior rapidez de comunicação entre diversos agentes/intervenientes, maior agilidade, aumento da eficiência no sistema de gestão e organização, vantagens competitivas, maior capacidade de resposta, maior capacidade de inovação, crescimento/desenvolvimento da empresa e aumento de rendimento. É reduzido o número de empresas que não responde (de 2,2 a 5,3%) ou que consideram o benefício não aplicável (de 2,2 a 11,5%) (Gráfico 26).

Gráfico 26 - Benefícios que decorrem da implementação das tecnologias da Indústria 4.0



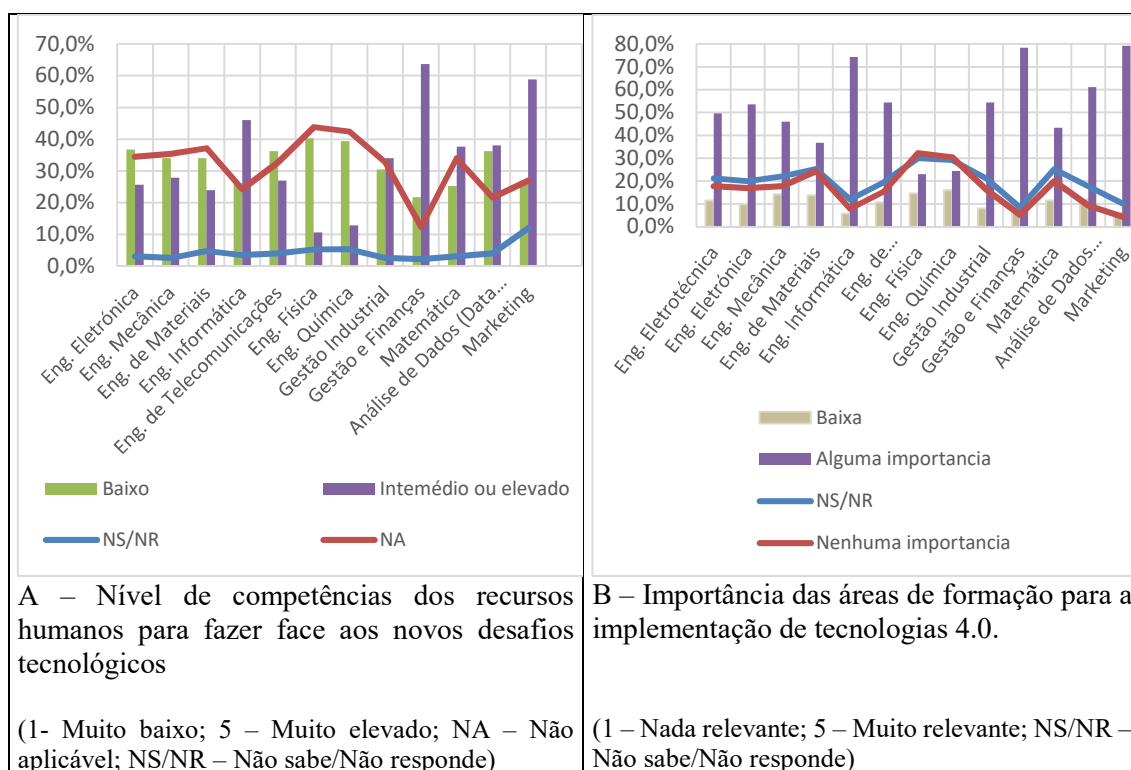
Relativamente ao nível de competências dos recursos humanos, o Gráfico 27A mostra que as áreas nas quais as empresas melhor se posicionam, em termos de competências para as novas tecnologias, são a Gestão e Finanças (63% de respostas nas categorias 3, 4 ou 5), o Marketing (58,8%) e a Engenharia Informática (46%). De seguida surgem a Gestão Industrial, a Matemática e a Análise de dados (Data Science), onde mais de 30%

das empresas classificam o seu nível de competências na categoria intermédia (3) ou superior. Por outro lado, também mais de 30% das empresas sentem que o seu nível de competências para implementar novas tecnologias é baixo (níveis 1 e 2 de resposta) em todas as engenharias (exceto Engenharia Informática) e em Análise de Dados (Data Science). A percentagem de empresas que não responde varia entre 2,3% a 11,9%.

Analisando os resultados relativos à questão sobre a importância daquelas áreas de formação para a implementação de tecnologias 4.0 (Gráfico 27B), destacam-se, de novo, as áreas de Gestão e Finanças, Marketing e a Engenharia Informática, com maior percentagem de empresas que lhes atribui importância. As engenharias Química e Física são as que menos relevância assumem.

Salienta-se ainda que, relativamente às engenharias (excluindo-se a informática) e à análise de dados, apesar de mais de 30% das empresas terem declarado um nível baixo de competências nestas áreas (Gráfico 27A), a importância delas é reconhecida por mais de 40% das empresas (exceção para a Engenharia dos Materiais, que apresenta uma percentagem ligeiramente inferior a 40% (36,7%) e para as engenharias Física (23%) e Química (24,3%), conforme se pode analisar no Gráfico 27B.

Gráfico 27- Nível de competências dos recursos humanos para fazer face aos novos desafios tecnológicos por área de formação e importância dessas áreas para a implementação de tecnologias 4.0.

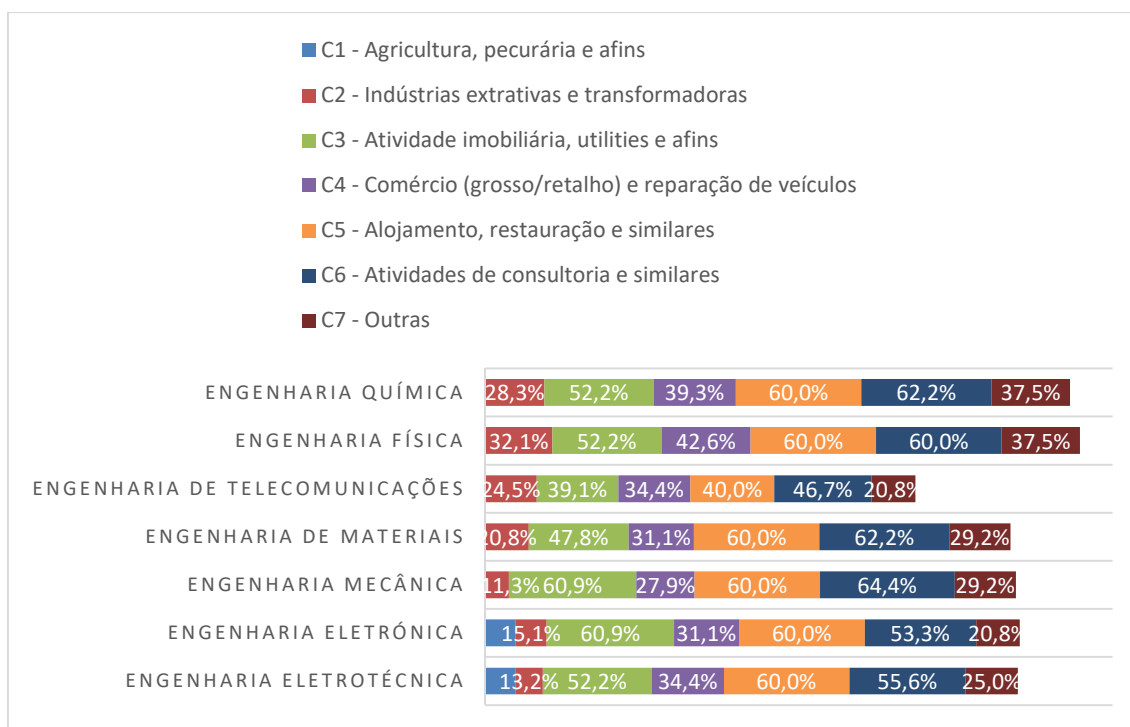


Acrescenta-se que mais de 40% das empresas respondem que as engenharias Química e Física são áreas não aplicáveis à empresa (NA). Para as restantes engenharias (exceto

Engenharia Informática) esta percentagem ronda os 30% (Gráfico 27A). O Gráfico 28 apresenta, para cada uma destas engenharias, a percentagem de respostas NA (não se aplica) em cada grupo de CAEs. Os grupos C5 e C6, respetivamente, Alojamento, restauração e similares e Atividades de consultoria, técnicas e similares, têm percentagens elevadas de respostas NA para todas as engenharias em causa. Percentagens também elevadas, mas ligeiramente inferiores em algumas engenharias, encontram-se no grupo C3 – atividade imobiliária, *utilities* e afins. Verificou-se, pois, que, do total de empresas observadas nos grupos C3, C5 e C6, uma grande percentagem não operam em domínios em que estas engenharias sejam aplicáveis.

Refira-se, ainda, que a percentagem de respostas NS/NR é muito maior na questão sobre a importância das áreas (linha azul do Gráfico 27B) do que na questão sobre as competências dos recursos humanos nessas áreas (linha azul do Gráfico 27A). Isto acontece porque a grande maioria de resposta NA (não aplicável) na primeira questão deu origem a respostas na categoria 1 (Nada importante) ou NS/NR na segunda questão.

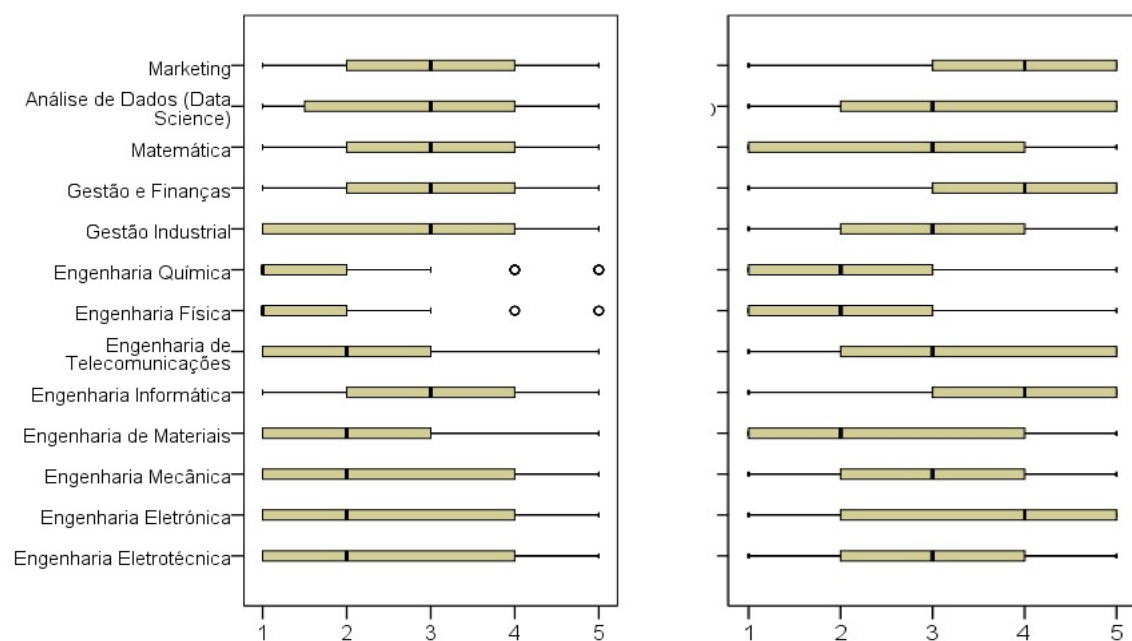
Gráfico 28- Percentagem de respostas NA (Não se aplica) em cada grupo de CAEs



Avaliando apenas as empresas para as quais as áreas de formação assumem relevância (i.e., excluindo as respostas NA e NS/NR), algumas evidências referidas em pontos anteriores, são reforçadas. A Engenharia Química e a Engenharia Física são áreas de formação, nas quais as empresas apresentam maiores insuficiências (Gráfico 29A), mas também são aquelas que menor importância têm para o desenvolvimento tecnológico das empresas observadas (Gráfico 27B). As áreas referidas como mais importantes são, como se viu anteriormente, a Eng. Informática, o Marketing e a Gestão e Finanças (Gráfico

29B). Porém, as engenharias são também vistas como importantes por pelo menos 50% das empresas onde estas são aplicáveis. De facto, nos diagramas do Gráfico 29B, a mediana (traço a bold face na caixa) é maior ou igual a 3 para quase todas as engenharias (exceto para a Engenharia Química, a Engenharia Física e a Engenharia dos Materiais). Os gráficos também mostram que, para cada área, a distribuição das pontuações para a relevância está localizada junto ao topo da escala (categorias 4 e 5), enquanto as pontuações em relação às habilidades reais dos recursos humanos estão bastante abaixo do topo da escala. Isto indica que as empresas reconhecem que precisam evoluir em termos de competências dos seus recursos humanos.

Gráfico 29 - Diagrama de extremos e quartis do nível de competências dos recursos humanos para fazer face aos novos desafios tecnológicos e da importância das áreas de formação para a implementação de tecnologias 4.0



A – Nível de competências dos recursos humanos para fazer face aos novos desafios tecnológicos

(1- Muito baixo; 5 – Muito elevado)

B – Importância das áreas de formação para a implementação de tecnologias 4.0

(1 – Nada relevante; 5 – Muito relevante)

De seguida, analisa-se por setor de atividade económica o nível médio de competências para fazer face aos novos desafios tecnológicos. Uma vez mais consideram-se apenas as empresas para as quais as áreas elencadas são aplicáveis (i.e., para cada área excluíram-se as empresas que responderam NA ou NS/NR) (Tabela 20). Verificamos que as atividades de consultoria, técnicas e similares (grupo C6) são aquelas que melhor se posicionam nas diferentes áreas de formação (apresentam maior quantidade de áreas com valores médios em torno de três), seguindo-se a indústria extrativa e transformadora (grupo C2). A formação em Marketing e em Gestão e Finanças têm valores médios acima

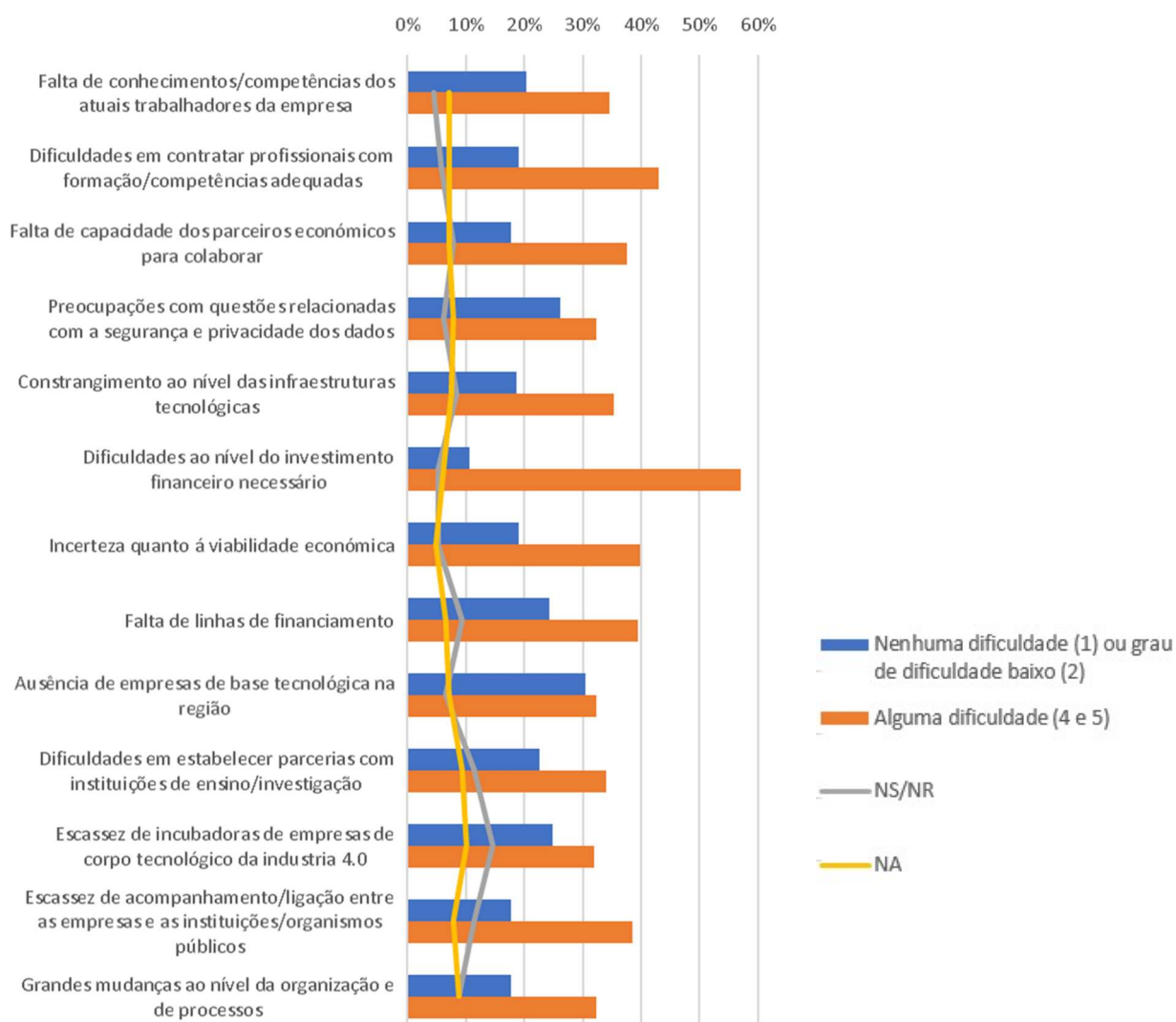
de três (ou aproximadamente iguais a três) em todos os grupos exceto na agricultura, pecuária e afins (grupo C1). Este grupo apresenta valores médios baixos em todas as áreas de formação. Para além do Marketing e da Gestão e Finanças, outras áreas de formação a destacar na indústria extrativa e transformadora (grupo C2) são a Engenharia Eletrotécnica, Engenharia Mecânica, a Engenharia Informática e a Gestão Industrial; na atividade imobiliária, *utilities* e afins (grupo C3) realça-se a Engenharia Eletrotécnica e a Matemática; no comércio (grosso/retalho) e reparação de veículos (grupo C4) a Engenharia Informática e a Matemática.

Tabela 20 - Nível médio de competências dos recursos humanos para fazer face aos novos desafios tecnológicos por grupo de CAEs

	C1 – Agricultura, pecuária e afins	C2 – Indústrias extrativas e transformadoras	C3 – Atividade imobiliária, <i>utilities</i> e afins	C4 – Comércio (grosso/retalho), reparação de veículos	C5 – Alojamento, restauração e similares	C6 – Atividades de consultoria, técnicas e similares	C7 – Outras
Engenharia Eletrotécnica	1,20	2,75	2,73	2,38	1,75	2,89	2,06
Engenharia Eletrónica	1,20	2,61	2,22	2,38	1,50	2,74	2,21
Engenharia Mecânica	1,50	2,89	2,22	2,49	1,75	2,93	1,59
Engenharia de Materiais	1,50	2,63	2,58	2,42	1,50	2,80	1,53
Engenharia Informática	1,33	3,17	2,27	3,12	2,00	3,79	2,85
Engenharia de Telecomunicações	1,33	2,43	2,36	2,32	2,00	3,00	1,95
Engenharia Física	1,33	1,97	1,82	1,65	1,25	2,44	1,43
Engenharia Química	1,67	2,45	1,73	1,82	1,00	2,13	1,27
Gestão Industrial	1,50	3,06	2,45	2,63	1,50	2,84	2,06
Gestão e Finanças	2,14	3,36	3,10	3,24	3,43	3,56	3,26
Matemática	1,67	2,64	2,92	2,80	2,50	3,46	2,68
Análise de Dados (Data Science)	1,67	2,62	2,41	2,45	2,67	3,30	2,47
Marketing	2,00	3,14	2,90	3,02	3,67	3,31	3,00

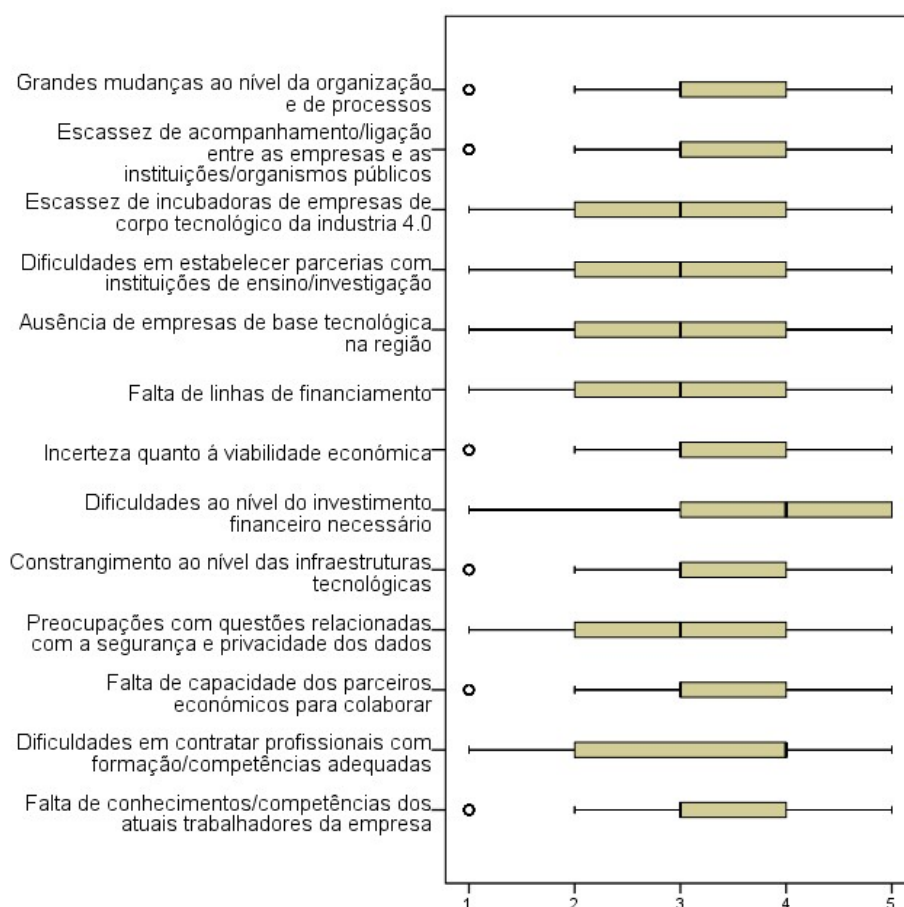
Os obstáculos à implementação das tecnologias de nova geração foram também avaliados de acordo com a menor ou maior dificuldade sentida (1 – Nenhuma dificuldade; 5 – Muita dificuldade). Destacam-se as dificuldades ao nível do financiamento ao investimento (Gráfico 30), com maior percentagem de respostas nas categorias de resposta 4 ou 5 (57,1%), seguindo-se as dificuldades em contratar profissionais com formação/competências adequadas (42,9%). No entanto, todas as outras surgem como relevantes, na medida em que mais de 30% das empresas as classificou nas categorias 4 ou 5. Por sua vez, as preocupações com questões relacionadas com a segurança e privacidade dos dados, ausência de empresas de base tecnológica na região e escassez de incubadoras de empresas de corpo tecnológico da indústria 4.0, revelam-se como menos problemáticas. De facto, para estes três obstáculos, a percentagem de empresas que lhes atribui baixa ou nenhuma dificuldade foi mais elevada do que para os outros elencados.

Gráfico 30 - Obstáculos à implementação das tecnologias de nova geração



Os diagramas apresentados no Gráfico 31 têm por base apenas as empresas que classificaram efetivamente cada um dos obstáculos (excluindo-se os casos de resposta NA e NS/NR). O grau de dificuldade afigura-se tendencialmente maior para os obstáculos já mencionados acima: dificuldades ao nível do investimento necessário e dificuldades em contratar profissionais com formação/competências adequadas. Contudo, salienta-se que as medianas se situam nas categorias 3 ou 4, portanto, pelo menos 50% das empresas encara cada um destes obstáculos como geradores de alguma dificuldade.

Gráfico 31 - Diagramas de extremos e quartis da importância atribuída a determinados obstáculos à implementação das tecnologias de nova geração



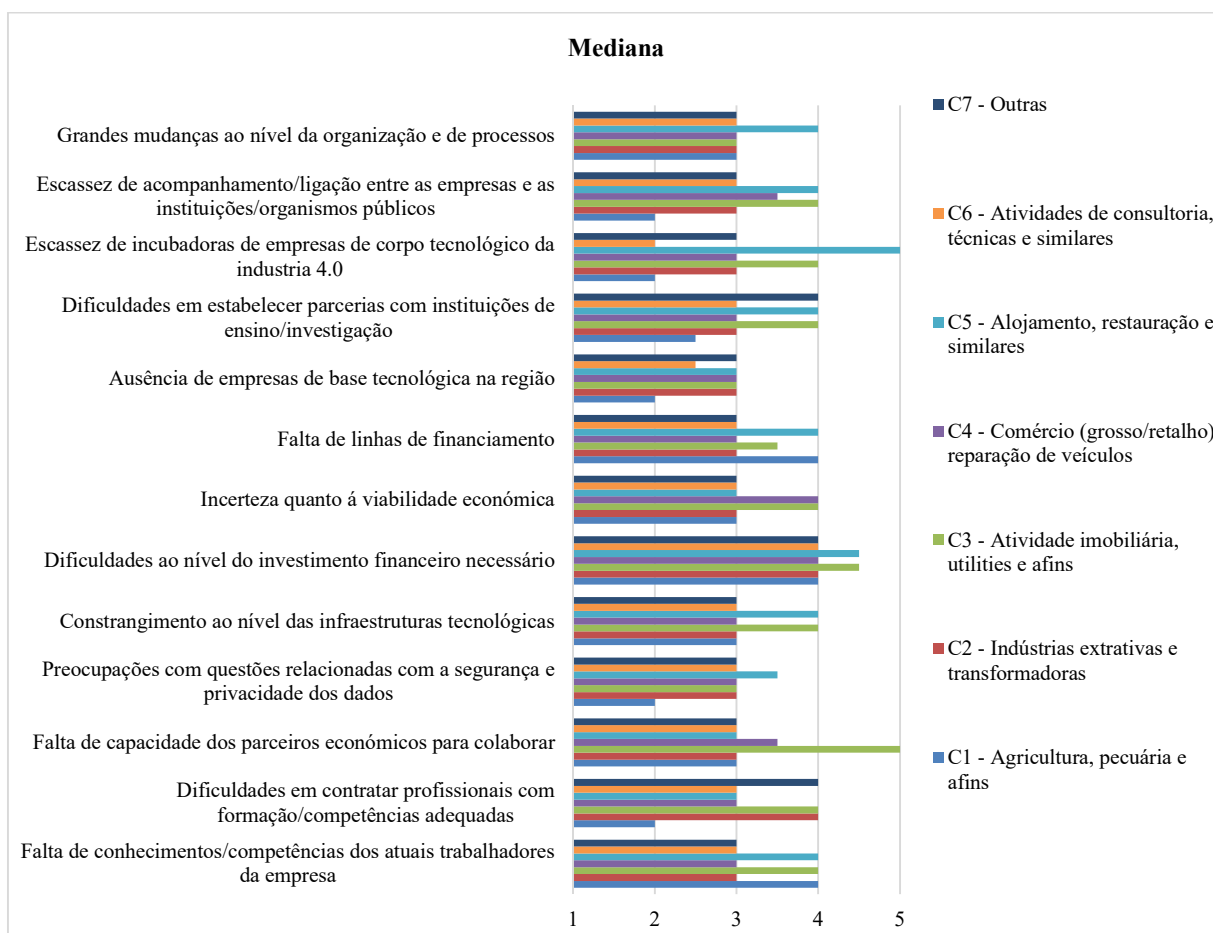
Fazendo uma análise por grupo de atividade económica (Gráfico 32), salienta-se a grande dificuldade apresentada pelas empresas do grupo C5 (alojamento, restauração e similares) quanto à escassez de incubadoras de empresas de corpo tecnológico da indústria 4.0. Neste grupo de empresas também se destacam as seguintes dificuldades:

- Grandes mudanças ao nível da organização e de processos;
- Escassez de acompanhamento/ligação entre as empresas e as instituições/organismos públicos;
- Dificuldades em estabelecer parcerias com instituições de ensino/ investigação;
- Falta de linhas de financiamento;
- Dificuldades ao nível do investimento financeiro necessário;
- Constrangimento ao nível das infraestruturas tecnológicas;
- Preocupações com questões relacionadas com a segurança e privacidade dos dados;
- Falta de conhecimentos/competências dos atuais trabalhadores da empresa.

Nas empresas do grupo C3 (Atividade imobiliária, *utilities* e afins) registaram-se níveis muito elevados na avaliação da “Falta de capacidade dos parceiros económicos para colaborar”. Tal como no grupo C5, neste grupo também se registaram níveis bastante elevados de resposta em muitas das dificuldades elencadas, nomeadamente em:

- Escassez de acompanhamento/ligação entre as empresas e as instituições/organismos públicos;
- Escassez de incubadoras de empresas de corpo tecnológico da indústria 4.0;
- Dificuldades em estabelecer parcerias com instituições de ensino/investigação;
- Falta de linhas de financiamento;
- Incerteza quanto á viabilidade económica;
- Dificuldades ao nível do investimento financeiro necessário;
- Constrangimento ao nível das infraestruturas tecnológicas;
- Dificuldades em contratar profissionais com formação/competências adequadas;
- Falta de conhecimentos/competências dos atuais trabalhadores da empresa.

Gráfico 32 - Mediana da importância atribuída a determinados obstáculos à implementação das tecnologias de nova geração, por grupo de CAE's



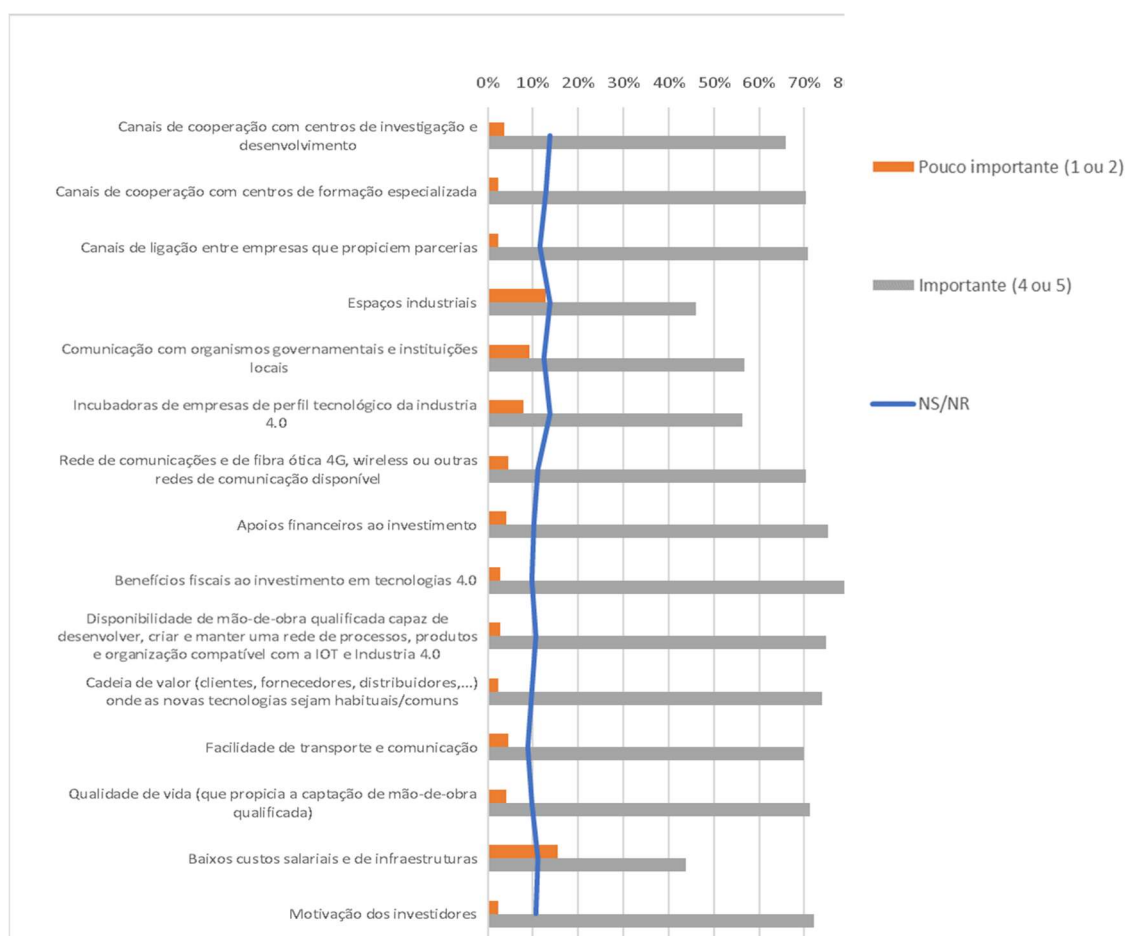
Contudo, comparando os grupos de atividade económica relativamente a cada uma das dificuldades apresentadas, apenas se encontraram diferenças significativas na dificuldade sentida com a “Escassez de incubadoras de empresas de corpo tecnológico da indústria 4.0” entre os grupos C5 e C6, com valores mais elevados de resposta nas empresas do grupo C5.

Este estudo debruçou-se também sobre os fatores regionais mais importantes para que se desenvolva no território um cluster de empresas da indústria 4.0. A importância foi medida numa escala de 1, nada importante, a 5, muito importante. Todos os fatores elencados parecem assumir algum relevo na opinião das empresas observadas, mas destacam-se os fatores que são considerados importantes (respostas nas categorias 4 e 5) por mais de 60% das empresas da amostra (Gráfico 33):

- Canais de cooperação com centros de investigação e desenvolvimento;
- Canais de cooperação com centros de formação especializada;
- Canais de ligação entre empresas que propiciem parcerias;
- Rede de comunicações e de fibra ótica 4G, wireless ou outras redes de comunicação;
- Apoios financeiros ao investimento;
- Benefícios fiscais ao investimento em tecnologias 4.0;
- Disponibilidade de mão-de-obra qualificada capaz de desenvolver, criar e manter uma rede de processos, produtos e organização compatível com a IOT e Indústria 4.0;
- Cadeia de valor (clientes, fornecedores, distribuidores, ...) onde as novas tecnologias sejam habituais/comuns;
- Facilidade de transporte e comunicação;
- Qualidade de vida (que propicia a captação de mão-de-obra qualificada);
- Motivação dos investidores.

Com menor relevância surgem os espaços industriais e os baixos custos salariais e de infraestruturas.

Gráfico 33 - Fatores regionais fundamentais para que se desenvolva no território um cluster de empresas da indústria 4.0



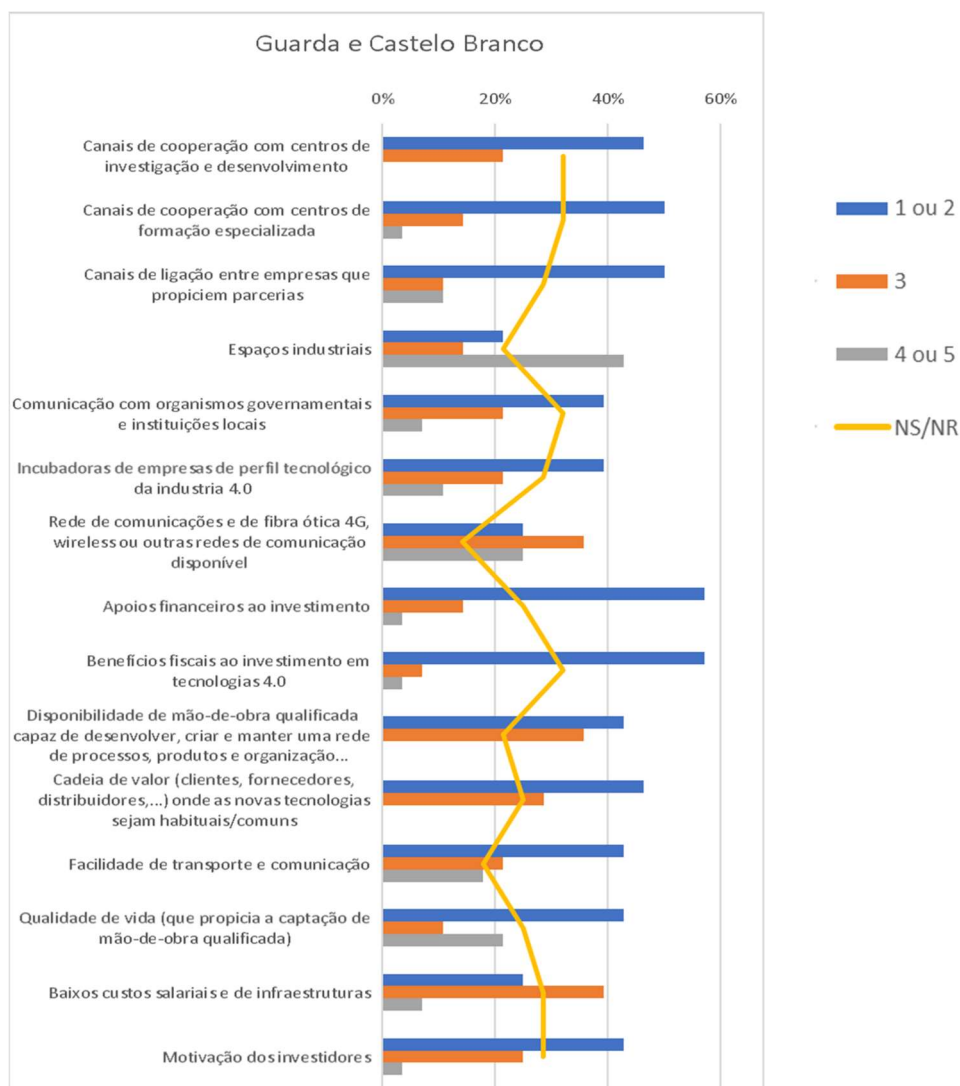
A opinião das empresas sobre a região em estudo, quanto aos fatores elencados, foi também avaliada numa escala de 1 (Não estão disponíveis na região/Não funcionam) a 5 (Estão disponíveis na região/Funcionam perfeitamente).

Os resultados são apresentados por distrito, juntando-se os distritos da Guarda e Castelo Branco por terem pouca representação na amostra. Começa-se por destacar a grande percentagem de empresas que não emitiu a sua opinião (a percentagem de respostas NS/NR variou entre os 13% e os 31,3%).

Nos distritos da Guarda e Castelo Branco, dois distritos do Interior, destaca-se a avaliação bastante positiva das empresas quanto aos espaços industriais (mais de 40% de respostas nas categorias 4 ou 5). Como se pode verificar no Gráfico 34, também se apresentam com alguma vantagem, em relação aos restantes fatores a “Rede de comunicações e de fibra ótica 4G, wireless ou outras redes de comunicação” e a “Qualidade de vida”, com, respetivamente, 25% e 21,4% de respostas nas categorias 4 e 5. Mais, estes três fatores, e

ainda a “Facilidade de transporte e comunicação” e “Baixos custos salariais e de infraestruturas”, têm na verdade mais de 40% de respostas nas categorias 3, 4 ou 5, indicando que não são vistos como estando pouco ou mal disponibilizados na região por pelo menos 40% das empresas questionadas.

Gráfico 34- Opinião das empresas sobre a região onde estão implantadas, quanto aos fatores regionais fundamentais ao desenvolvimento da indústria 4.0 – Distritos da Guarda e Castelo Branco



Contudo, verifica-se também que a percentagem de empresas que avalia por baixo (valores 1 e 2 de resposta) os últimos quatro fatores ultrapassa os 25%. Na verdade, todos os fatores à exceção do primeiro mencionado (espaços industriais) mereceram uma avaliação negativa por mais de 25% das empresas, atingindo esta percentagem os 40%

em todos os fatores exceto os três melhor posicionados referidos acima. Salienta-se também que os fatores que surgem como menos bem posicionados na região são: “Apoios financeiros ao investimento” e “Benefícios fiscais ao investimento em tecnologias 4.0”, com 57,1% de avaliações desfavoráveis (categorias 1 e 2), seguindo-se “Canais de cooperação com centros de formação especializada” (50%), “Canais de ligação entre empresas que propiciem parcerias” (50%) e “Canais de cooperação com centros de investigação e desenvolvimento” (46,4%).

No distrito de Viseu (Gráfico 35) a “Qualidade de vida” merece destaque pelo número de empresas que a avaliam muito positivamente (41,3% de avaliações nas categorias 4 e 5). São igualmente de destacar pela positiva, com percentagens mais elevadas de respostas nos níveis 4 e 5:

- Rede de comunicações e de fibra ótica 4G, wireless ou outras redes de comunicação (29,3%);
- Facilidade de transporte e comunicação (25,3%);
- Baixos custos salariais e de infraestruturas (22,7%);
- Espaços Industriais (22,7%).

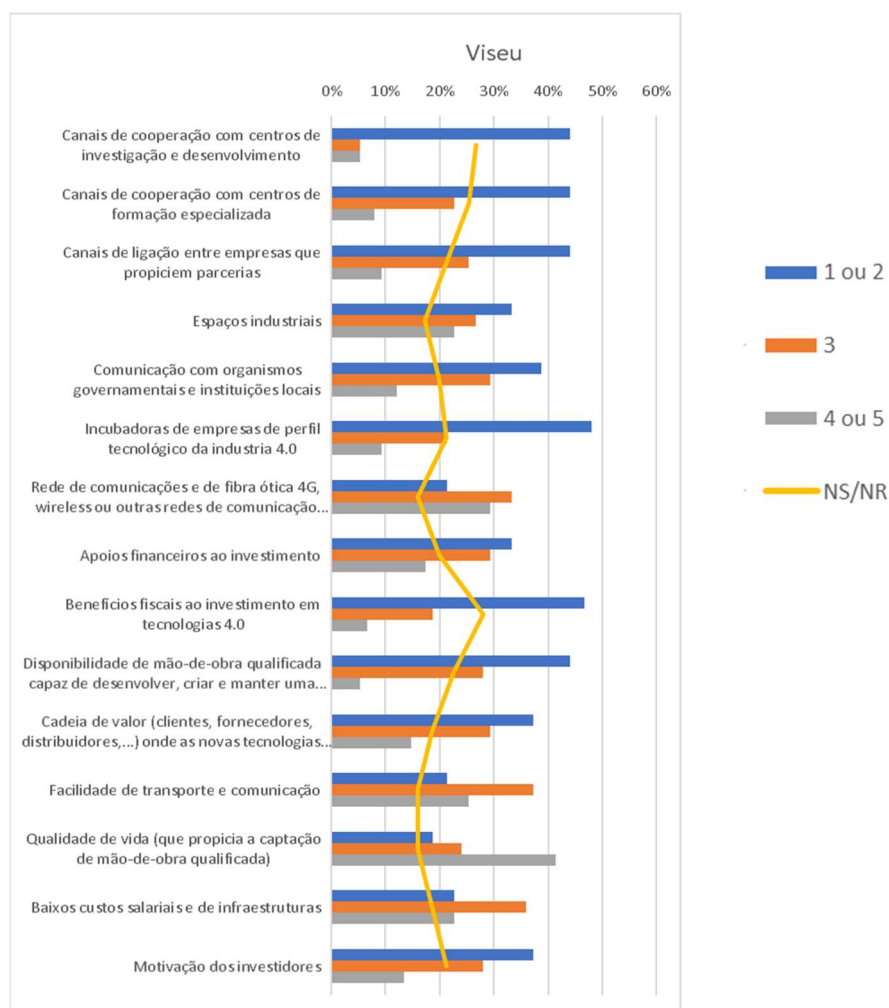
No entanto, também neste distrito, mais de 25% das empresas avaliam negativamente (valores 1 e 2) quase todos os fatores (são exceção os quatro primeiros que se mencionaram anteriormente). Com percentagens acima dos 40% de respostas desfavoráveis (categorias 1 e 2) estão:

- Incubadoras de empresas de perfil tecnológico da indústria 4.0 (48%);
- Benefícios fiscais ao investimento em tecnologias 4.0 (46,7%);
- Canais de cooperação com centros de investigação e desenvolvimento (44%);
- Canais de cooperação com centros de formação especializada (44%);
- Canais de ligação entre empresas que propiciem parcerias (44%);
- Disponibilidade de mão-de-obra qualificada capaz de desenvolver, criar e manter uma rede de processos, produtos e organização (44%).

Num patamar intermédio de avaliação situam-se:

- Comunicação com organismos governamentais e instituições locais (41,3% de respostas ≥ 3);
- Apoios financeiros ao investimento (46,7%);
- Cadeia de valor (clientes, fornecedores, distribuidores,...) onde as novas tecnologias sejam habituais/comuns (44%);
- Motivação dos investidores (41,3%).

Gráfico 35- Opinião das empresas sobre a região onde estão implantadas, quanto aos fatores regionais fundamentais ao desenvolvimento da indústria 4.0 – Distrito de Viseu



Passando para o distrito de Coimbra (Gráfico 36), nenhum dos fatores mencionados obteve uma percentagem acima dos 40% de avaliações francamente positivas (categorias 4 e 5). As percentagens mais elevadas de respostas francamente positivas encontram-se em:

- Rede de comunicações e de fibra ótica 4G, wireless ou outras redes de comunicação (28,1%);
- Incubadoras de empresas de perfil tecnológico da indústria 4.0 (25%);
- Facilidade de transporte e comunicação (25%);
- Qualidade de vida (que propicia a captação de mão-de-obra qualificada) (25%).

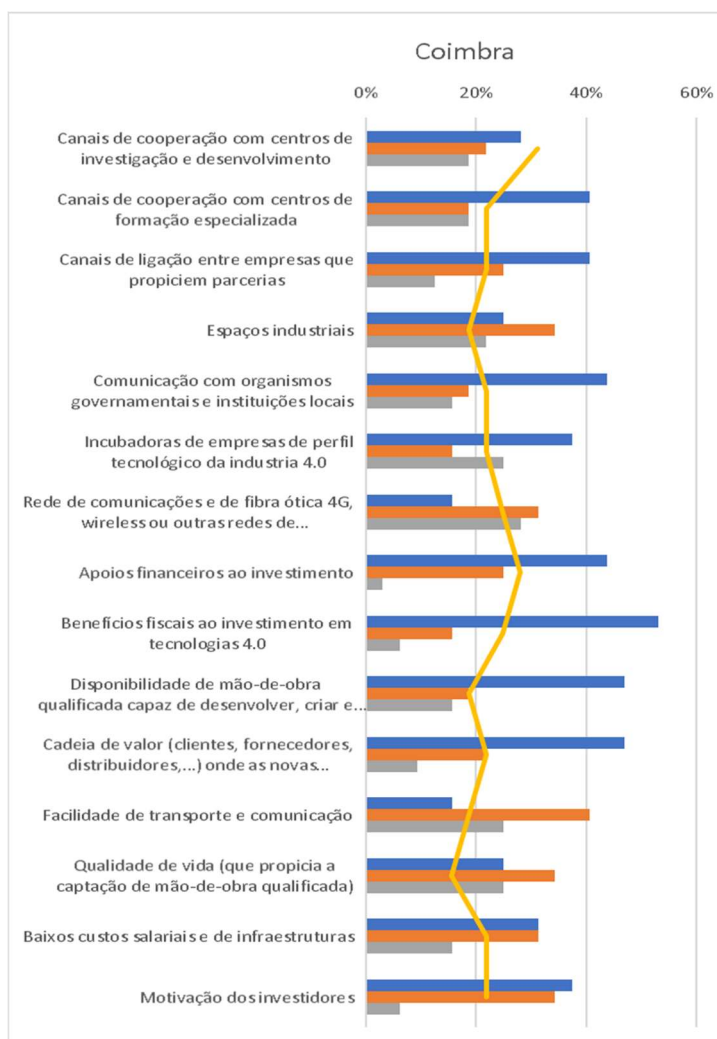
Para além destes fatores, podem ser também destacadas os seguintes, com percentagens acima dos 40% de respostas não desfavoráveis (≥ 3):

- Espaços industriais (56,3%);
- Baixos custos salariais e de infraestruturas (46,9%);
- Canais de cooperação com centros de investigação e desenvolvimento (40,6%);
- Motivação dos investidores (40,6%).

Contudo também neste distrito muitas empresas avaliam negativamente alguns dos fatores elencados. Mereceram uma avaliação negativa (respostas 1 e 2) por mais de 40% das empresas:

- Benefícios fiscais ao investimento em tecnologias 4.0 (53,1%);
- Disponibilidade de mão-de-obra qualificada capaz de desenvolver, criar e manter uma rede de processos, produtos e organização (46,9%);
- Cadeia de valor (clientes, fornecedores, distribuidores,...) onde as novas tecnologias sejam habituais/comuns (46,9%).
- Comunicação com organismos governamentais e instituições locais (43,8%);
- Apoios financeiros ao investimento (43,8%);
- Canais de cooperação com centros de formação especializada (40,6%);
- Canais de ligação entre empresas que propiciem parcerias (40,6%).

Gráfico 36 - Opinião das empresas sobre a região onde estão implantadas, quanto aos fatores regionais fundamentais ao desenvolvimento da indústria 4.0 – Distrito de Coimbra



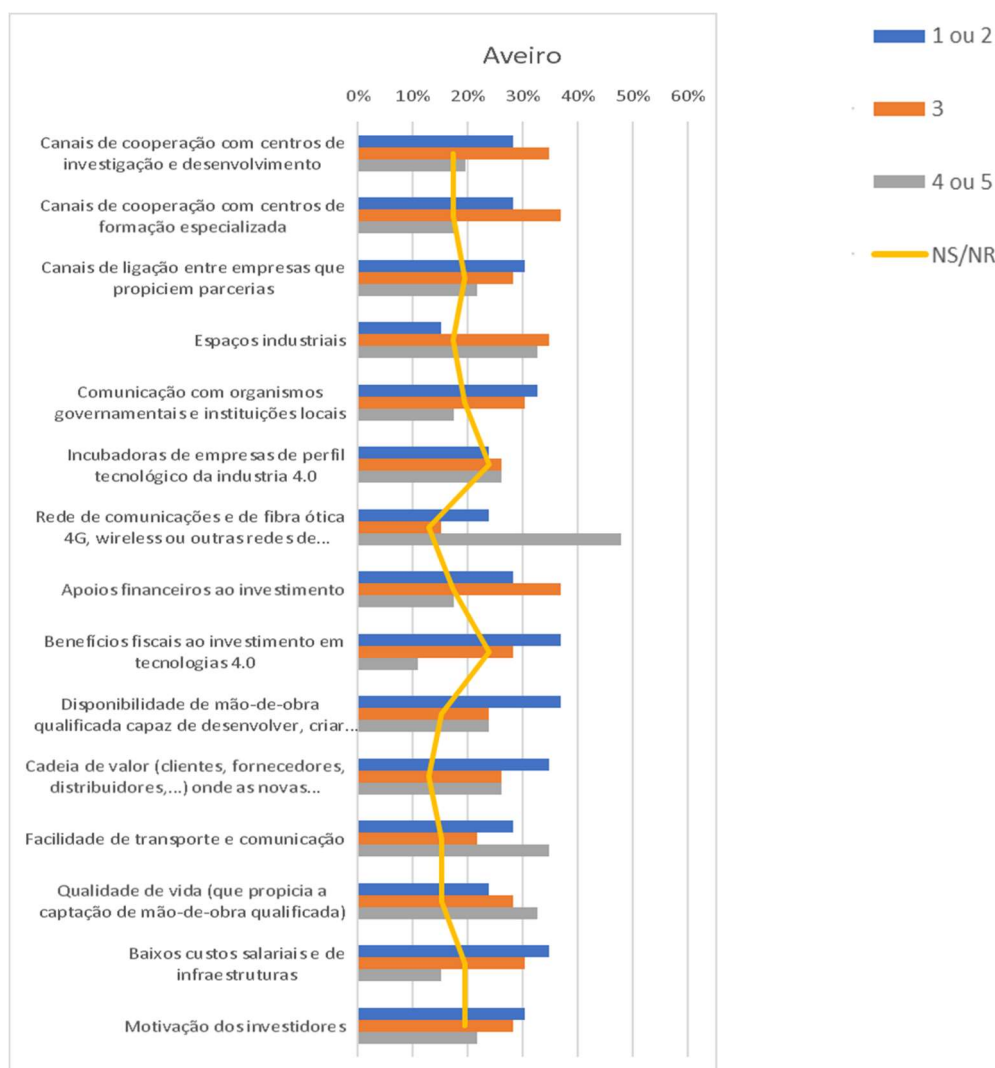
No que diz respeito ao distrito de Aveiro (Gráfico 37), é bem evidente a proeminência do fator “Rede de comunicações e de fibra ótica 4G, wireless ou outras redes de comunicação”, com 47,8% de avaliações bastante favoráveis (respostas nas categorias 4 e 5). Contudo, também se podem diferenciar, com percentagens relativamente elevadas de respostas francamente positivas (≥ 4).

- Facilidade de transporte e comunicação (34,8%);
- Espaços industriais (32,6%);
- Qualidade de vida (que propicia a captação de mão-de-obra qualificada) (32,6%).
- Cadeia de valor (clientes, fornecedores, distribuidores,...) onde as novas tecnologias sejam habituais/comuns (26,1%);
- Incubadoras de empresas de perfil tecnológico da indústria 4.0 (26,1%);
- Disponibilidade de mão-de-obra qualificada capaz de desenvolver, criar e manter uma rede de processos, produtos e organização compatível com a IOT e Indústria 4.0 (23,9%);

É importante notar que neste distrito todos os fatores apresentam uma percentagem superior a 45% de respostas não desfavoráveis (≥ 3), com exceção do fator “Benefícios fiscais ao investimento em tecnologias 4.0”, para o qual a referida percentagem é 39,1%. Contudo, ainda assim, vários fatores apresentam mais de 25% de respostas desfavoráveis (níveis 1 e 2), mas nenhum atinge os 40% como acontecia nos distritos analisados anteriormente:

- Benefícios fiscais ao investimento em tecnologias 4.0 (37%);
- Disponibilidade de mão-de-obra qualificada capaz de desenvolver, criar e manter uma rede de processos, produtos e organização compatível com a IOT e Indústria 4.0 (37%);
- Cadeia de valor (clientes, fornecedores, distribuidores,...) onde as novas tecnologias sejam habituais/comuns (34,8%);
- Baixos custos salariais e de infraestruturas (34,8%);
- Comunicação com organismos governamentais e instituições locais (32,6%);
- Motivação dos investidores (30,4%);
- Canais de ligação entre empresas que propiciem parcerias (30,4%);
- Facilidade de transporte e comunicação (28,3%);
- Canais de cooperação com centros de investigação e desenvolvimento (28,3%);
- Apoios financeiros ao investimento (28,3%);
- Canais de cooperação com centros de formação especializada (28,3%).

Gráfico 37 - Opinião das empresas sobre a região onde estão implantadas, quanto aos fatores regionais fundamentais ao desenvolvimento da indústria 4.0 – Distrito de Aveiro



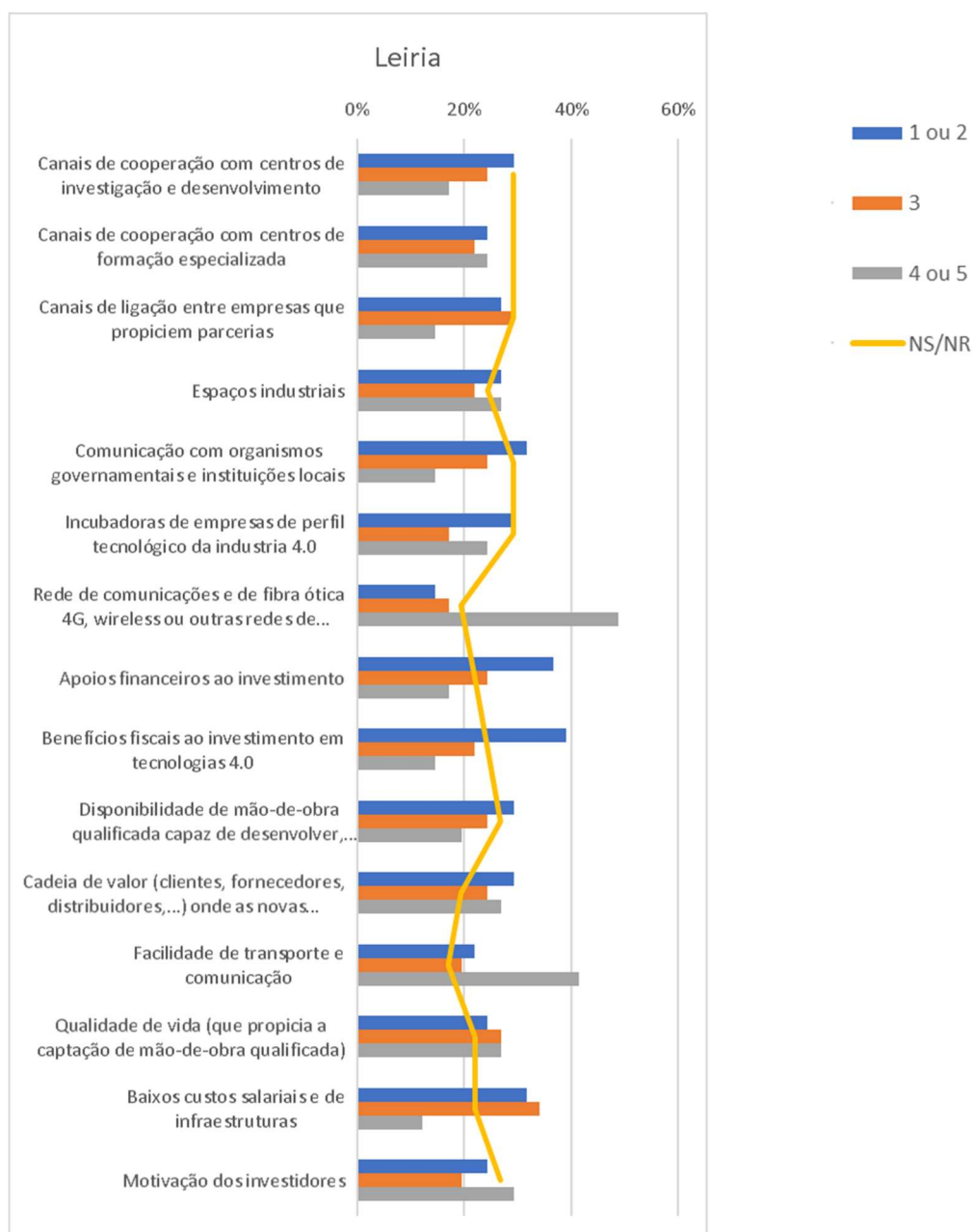
Por último, Leiria parece bem posicionada quanto a “Rede de comunicações e de fibra ótica 4G, wireless ou outras redes de comunicação” e “Facilidade de transporte e comunicação” (Gráfico 38), já que mais de 40% das empresas avaliaram muito positivamente estes fatores (valores de resposta ≥ 4). Outros fatores com percentagens relativamente elevadas de respostas bastante favoráveis (≥ 4) são:

- Motivação dos investidores (29,3%);
- Espaços industriais (26,8%);
- Cadeia de valor (clientes, fornecedores, distribuidores,...) onde as novas tecnologias sejam habituais/comuns (26,8%);
- Qualidade de vida (que propicia a captação de mão-de-obra qualificada) (26,8%);
- Incubadoras de empresas de perfil tecnológico da indústria 4.0 (24,4%);
- Canais de cooperação com centros de formação especializada (24,4%);

À semelhança de Aveiro todos os fatores, exceto “Benefícios fiscais ao investimento em tecnologias 4.0”, têm percentagens elevadas (acima dos 40%) de avaliações não negativas (respostas ≥ 3). Também como no distrito de Aveiro, em nenhum fator se registou uma percentagem acima dos 40% de respostas desfavoráveis (níveis 1 e 2). No entanto, é possível perceber que alguns fatores ainda têm, na perspetiva de algumas empresas, um caminho a fazer. Destacam-se os que apresentaram mais de 25% de avaliações negativas (respostas nas categorias 1 ou 2):

- Benefícios fiscais ao investimento em tecnologias 4.0 (39%);
- Apoios financeiros ao investimento (36,6%);
- Baixos custos salariais e de infraestruturas (31,7%);
- Comunicação com organismos governamentais e instituições locais (31,7%);
- Disponibilidade de mão-de-obra qualificada capaz de desenvolver, criar e manter uma rede de processos, produtos e organização compatível com a IOT e Indústria 4.0 (29,3%);
- Cadeia de valor (clientes, fornecedores, distribuidores,...) onde as novas tecnologias sejam habituais/comuns (29,3%);
- Incubadoras de empresas de perfil tecnológico da indústria 4.0 (29,3%);
- Canais de cooperação com centros de investigação e desenvolvimento (29,3%);
- Canais de ligação entre empresas que propiciem parcerias (26,8%);
- Espaços industriais (26,8%);

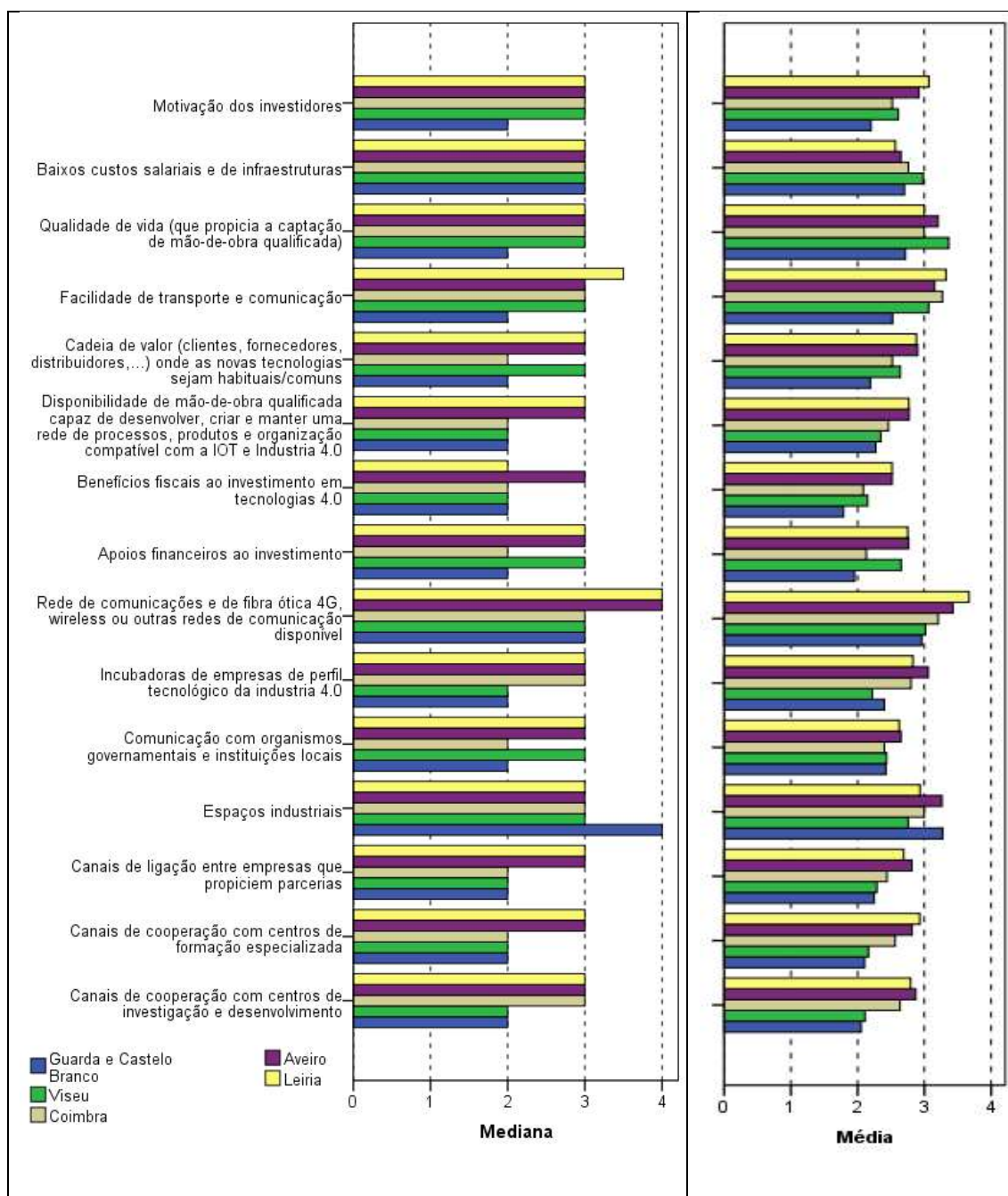
Gráfico 38 - Opinião das empresas sobre a região onde estão implantadas, quanto aos fatores regionais fundamentais ao desenvolvimento da indústria 4.0 – Distrito de Leiria



As observações anteriores sugerem que, na perceção dos respondentes, de um modo geral, os distritos de Aveiro e Leiria parecem estar melhor posicionados quanto aos fatores regionais de desenvolvimento tecnológico. De facto, ao contrário dos outros distritos, o descontentamento das empresas (traduzido em respostas nas categorias 1 e 2) não excedeu os 40% em nenhum dos fatores elencados. Mais, são os únicos distritos que têm mais de 40% de respostas favoráveis (≥ 3) em todos os fatores exceto num, “Benefícios fiscais ao investimento em tecnologias 4.0”.

Excluindo as empresas que não responderam, e analisando os valores médios e medianos das pontuações obtidas em cada fator regional (Gráfico 39), constata-se que Aveiro e Leiria apresentam os valores mais elevados, contudo, em muitos deles, encontram-se em linha com os valores encontrados para Coimbra e/ou Viseu.

Gráfico 39 - Opinião das empresas sobre a região onde estão implantadas, quanto aos fatores regionais fundamentais ao desenvolvimento da indústria 4.0 – comparação entre distritos em termos da mediana e da média



Guarda e Castelo Branco, por outro lado, apresentam, em geral, valores médios e medianos mais baixos, embora se distingam pela positiva nos espaços industriais. Guarda e Castelo Branco também não parecem distinguir-se acentuadamente dos outros distritos nos baixos custos salariais e de infraestruturas. Refira-se que neste fator, bem como na “Qualidade de vida”, Viseu apresenta o maior valor médio de todos os distritos em análise. Acrescenta-se ainda que Viseu se situa num patamar semelhante a Leiria e Aveiro, distritos do litoral, em muitos fatores como por exemplo:

- Facilidade de transportes e comunicação;
- Cadeia de valor (clientes, fornecedores, distribuidores,...) onde as novas tecnologias sejam habituais/comuns;
- Apoios financeiros ao investimento;
- Comunicação com organismos governamentais e instituições locais;
- Espaços industriais.

Por outro lado, os valores médios e medianos são indicativos de que, na visão das empresas da amostra, o distrito de Viseu precisa de desenvolver alguns fatores como por exemplo:

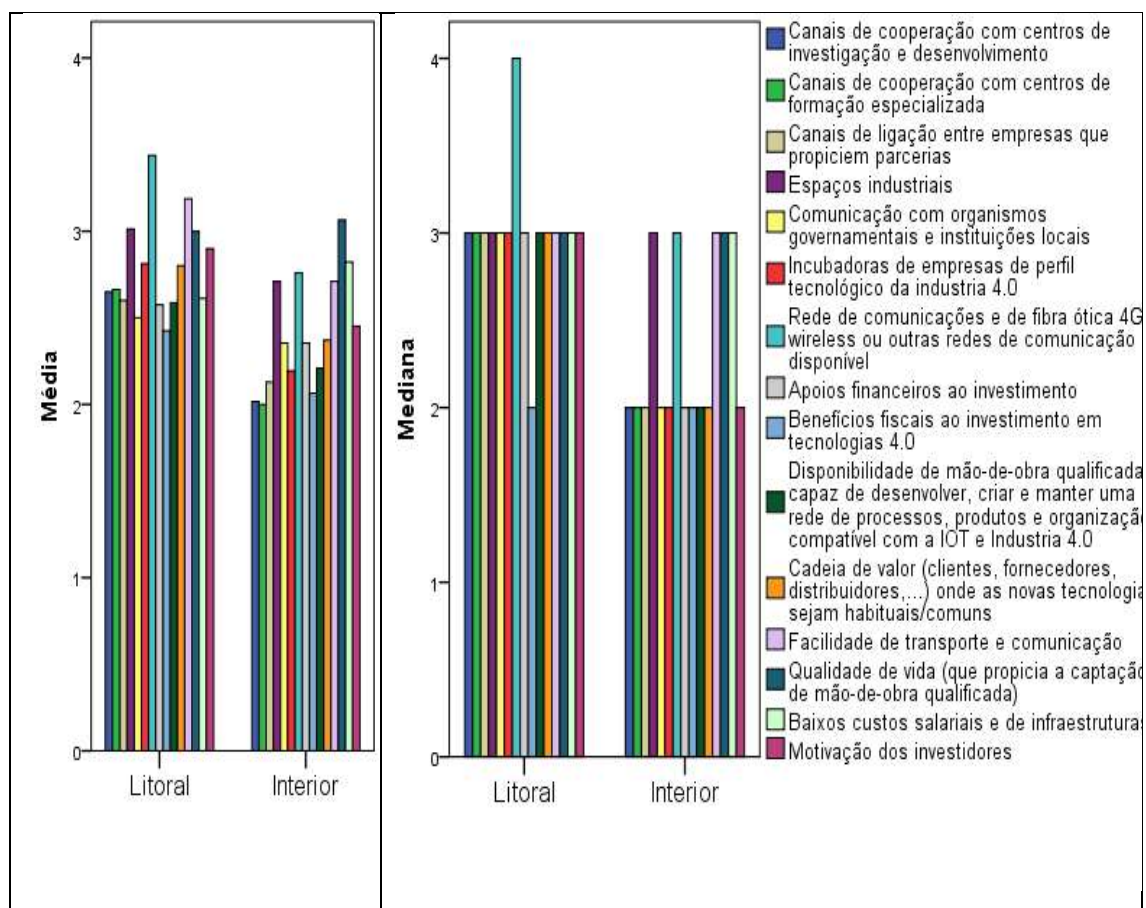
- Canais de cooperação com centros de investigação e desenvolvimento;
- Canais de cooperação com centros de formação especializada;
- Canais de ligação entre empresas que propiciem parcerias;
- Incubadoras de empresas de perfil tecnológico da indústria 4.0;
- Benefícios fiscais ao investimento em tecnologias 4.0
- Disponibilidade de mão-de-obra qualificada capaz de desenvolver, criar e manter uma rede de processos, produtos e organização.

Podemos ainda comparar os distritos do Litoral (Leiria, Aveiro e Coimbra) e do Interior (Viseu, Guarda e Castelo Branco).

O Gráfico 40 ilustra claramente que, de uma forma geral, as empresas inquiridas residentes nos distritos do interior avaliam de forma menos positiva os diversos fatores regionais, com exceção dos espaços industriais, a qualidade de vida e os baixos custos salariais e de infraestruturas que apresentam valores médios e medianos semelhantes nos distritos do Litoral e do Interior. Contudo, uma análise inferencial revela diferenças significativas apenas nos seguintes fatores:

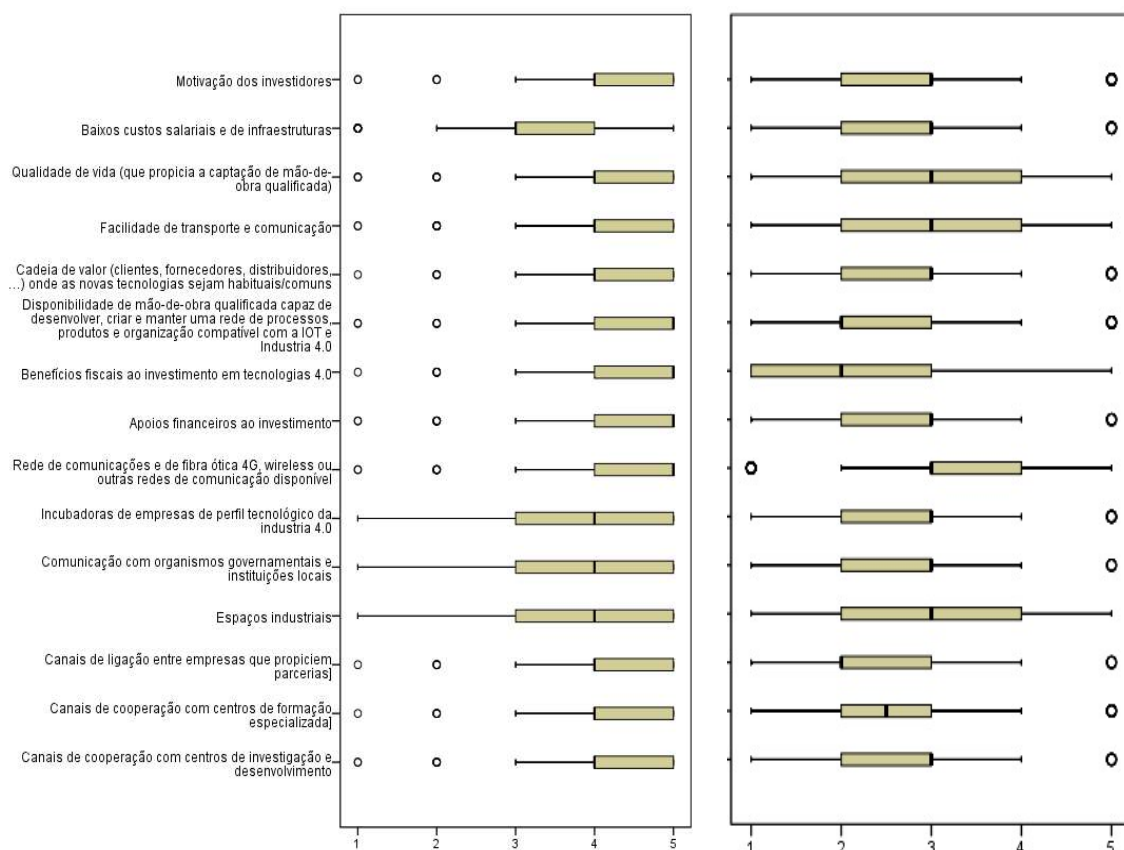
- Canais de cooperação com centros de investigação e desenvolvimento ($p < 0.0005$);
- Canais de cooperação com centros de formação especializada ($p < 0.0005$);
- Canais de ligação entre empresas que propiciem parcerias ($p = 0.022$);
- Incubadoras de empresas de perfil tecnológico da indústria 4.0 ($p = 0.001$);
- Rede de comunicações e de fibra ótica 4G, wireless ou outras redes de comunicação disponível ($p = 0.009$);
- Motivação dos investidores ($p = 0.039$).

Gráfico 40 - Opinião das empresas sobre a região onde estão implantadas, quanto aos fatores regionais fundamentais ao desenvolvimento da indústria 4.0 – comparação entre litoral e interior em termos da mediana e da média



Passando agora para uma visão geral, englobando todos os distritos e, mais uma vez tendo por base apenas as empresas que responderam às questões em análise, construiu-se o Gráfico 41. Verifica-se que a importância atribuída aos diferentes fatores regionais, excetuando os “Baixos custos salariais e de infraestruturas”, apresenta uma mediana superior ou igual a 4 (Gráfico 41A), indicando que pelo menos 50% dos empresários entende que estes fatores são importantes. Contudo, o entendimento das empresas quanto à disponibilidade na região desses mesmos fatores é indicativo de que há ainda um longo caminho a percorrer no sentido de se encontrarem condições favoráveis ao desenvolvimento da indústria 4.0, na medida em que todos os fatores apresentam medianas inferiores ou iguais a três.

Gráfico 41 - Diagramas de extremos e quartis dos fatores regionais considerados fundamentais e opinião das empresas sobre a região, quanto a esses fatores



A – Fatores regionais considerados fundamentais para que se desenvolva no território um cluster de empresas da indústria 4.0

(1- Nada importante; 5 – Muito importante)

B – Disponibilidade na região dos fatores de atratividade à indústria 4.0 4.0

(1 – Não estão disponíveis na região/Não funcionam; 5 – Estão disponíveis na região/Funcionam perfeitamente)

4.4. Análise dos determinantes do nível tecnológico das empresas

Nesta secção procura-se dar resposta a uma questão relevante: que fatores podem estar relacionados com o nível de implementação de tecnologias de nova geração?

Consideraram-se para esta análise as empresas que avaliaram a sua atual situação quanto à implementação das tecnologias da indústria 4.0 e a projeção que fazem para 5 anos (excluindo-se as empresas cuja opção de resposta foi NS/NR – Não sabe/Não responde).

A investigação em causa teve por base a análise de coeficientes de associação (rho de Spearman) e a estimação de modelos de regressão ordinal.

Verificou-se que o ROA, o número de empregados e o peso dos ativos intangíveis nos ativos totais são fatores que influenciam significativamente, independentemente uns dos outros, o nível de implementação atual de novas tecnologias. Contudo, enquanto os intangíveis e o número de empregados apresentam uma associação positiva com o nível tecnológico da empresa, o ROA apresenta uma associação negativa. Por outras palavras, para empresas semelhantes em ROA e dimensão, maiores valores de intangíveis estão associados a níveis superiores de resposta na questão sobre a implementação atual de novas tecnologias ($p=0,001$). De forma semelhante, empresas em iguais condições de ROA e intangíveis, mas com maior dimensão (traduzido no número de empregados) tendem a declarar-se numa fase mais avançada quanto às novas tecnologias ($p=0,045$). Contudo, empresas semelhantes em dimensão e intangíveis, mas com valores mais elevados de ROA tendem a situar-se num patamar inferior quanto à implementação de tecnologias da indústria 4.0 ($p=0.011$).

Quanto à projeção que as empresas fazem para daqui a 5 anos, apenas a dimensão (número de empregados) e os intangíveis foram identificados como fatores significativamente determinantes ($p=0.023$ e $p=0.003$, respetivamente), estabelecendo ambos uma associação positiva com o nível tecnológico projetado para daqui a 5 anos. O investimento em intangíveis está ligado despesas de investigação e desenvolvimento (se excluirmos as marcas, o goodwill e a propriedade industrial). É natural que as empresas com intensidade tecnológica se percecionem como mais bem implantadas em termos de novas tecnologias. Também a dimensão empresarial poderá estar relacionada com a capacidade tecnológica da empresa pois o investimento em tecnologias exige esforço financeiro o que nem sempre está ao dispor das pequenas empresas. Contudo existem autores que associam a dimensão e até a idade ao estagnar e à falta de inovação. No respeito ao ROA, a associação a que se chegou indica uma relação inversa com o nível tecnológico. Poderemos estar a falar de empresas de ramos tradicionais ainda com margens elevadas, pela possível ausência de perceção de que as novas tecnologias influenciam a rentabilidade, ou que numa fase inicial de investimento em tecnologias o retorno relativo associado seja baixo pois o seu impacto tenderá a verificar-se no longo prazo e de forma sustentada. A nossa análise é estática e assume a subjetividade da resposta do inquirido. Outra possível explicação é que o investimento em novas tecnologias pode ser arriscado e esse facto pode estar a ser captado no nosso inquérito bem como o facto de as empresas serem jovens.

Yang e Aldrich (2017) reexaminam o conceito de passivo associado às empresas jovens estudando os recursos ao nascer e os recursos recolhidos imediatamente após a entrada no mercado. Entre os estudos sobre a idade e a I&D, Rafiq et al. (2016) concluem que as firmas com mais maturidade em termos de pesquisa e desenvolvimento obtêm mais lucros e geram mais vendas do que uma empresa não inovadora mais jovem. O ponto de inflexão em que as atividades de I&D mudam de uma influência negativa para positiva, para as rubricas lucro e vendas é de 37 anos e 22 anos, respetivamente. Os resultados são

consistentes com o risco associado às empresas jovens, o que significa que o investimento da empresa em I & D leva tempo para impactar no desempenho financeiro.

Doğan (2013) indica uma relação positiva entre dimensão e o desempenho financeiro das empresas e a evidência empírica sugere que a relação entre a dimensão da empresa e a probabilidade de sobrevivência é moldada pela tecnologia e pelo estágio do ciclo de vida da indústria (Agarwal & Audretsch, 2001).

5. CONCLUSÕES

As empresas da região centro de Portugal só podem adquirir vantagens competitivas internacionais significativas quando conseguirem gerar uma onda crescente de inovação digital que envolva todos os setores industriais. No entanto, hoje, a maioria das empresas ainda apresenta um atraso significativo em termos de inovação digital, com uma discrepância significativa entre certos setores industriais e certas regiões do país.

Para colmatar essas deficiências, foram lançados programas de apoio para incentivar o investimento das empresas em atividades de I&D e fomentar novos conhecimentos, ajudando a promover a competitividade das regiões menos desenvolvidas, especialmente em setores de maior intensidade tecnológica ou de conhecimento. Contudo, o nível de investimento em investigação e infraestruturas de I&D ainda regista valores muito baixos. A competitividade regional pode ser melhorada, através de uma maior cooperação entre a academia (centros de investigação) e o tecido empresarial, aumentando a transferência da inovação e do conhecimento científico para o setor produtivo.

Como foi referido ao longo do estudo, o desenvolvimento da Indústria 4.0 requer um conjunto de fatores, que em conjunto constituem um importante instrumento de alavancagem como sejam: disponibilidade de capital, apoio financeiro, incentivos fiscais, acesso a mercados globais, proximidade de centros de ensino e investigação, integração de redes, infraestruturas de TI, entre outras. A investigação e o desenvolvimento tecnológico emergem como um pilar essencial nas estratégias regionais de crescimento sustentável, criando as condições para que se desenvolvam as competências e oportunidades específicas de cada território.

Das entrevistas realizadas destaca-se pela relevância atribuída o acesso aos sistemas de incentivo regionais, a ausência de dificuldades na expedição de mercadorias para o exterior e a prevalência de uma rede regional de empreendedorismo. No entanto, identificam-se algumas dificuldades à implementação da Indústria 4.0, como sejam: a dificuldade em contratar profissionais qualificados (graduados e pós-graduados), nomeadamente em áreas tecnológicas e a necessidade de intensificar e fortalecer os canais de comunicação entre instituições de ensino superior e o tecido empresarial.

A análise dos inquéritos revela também que as dificuldades de financiamento constituem um dos principais obstáculos à implementação da Indústria 4.0, bem como as dificuldades associadas à falta de profissionais com formação/competências adequadas e a incerteza quanto à viabilidade económica. Outros obstáculos incluem as mudanças organizacionais significativas exigidas, a baixa cultura tecnológica do ambiente circundante (parceiros, infra-estruturas, a falta de incubadoras de empresas, etc.) e a escassez de ligação/parcerias entre empresas e instituições locais, nomeadamente de ensino e investigação. Entre os fatores regionais com maior impacto no desenvolvimento da Indústria 4.0, destacam-se: incentivos financeiros, benefícios fiscais de investimento, disponibilidade de mão-de-obra qualificada, criação de cadeias de valor com novas tecnologias compartilhadas,

desenvolvimento de canais de cooperação entre centros de pesquisa/formação e indústria, rede de comunicações e de fibra ótica 4G, wireless ou outras redes de comunicação, facilidade de transporte e comunicação, qualidade de vida (que propicia a captação de mão-de-obra qualificada) e motivação dos investidores.

As empresas percebem claramente os benefícios que decorrem da implementação de novas tecnologias, na medida em que permitem comunicações mais rápidas, introduzem maior agilidade no processo produtivo, proporcionem vantagens competitivas acrescidas, maior capacidade de inovação, crescimento/desenvolvimento empresarial, melhoram a capacidade de resposta e aumentam a rentabilidade.

Para investigação futura, a análise deve partir da mesma amostra, cobrindo um período de três anos, tornando possível avaliar a evolução verificada na implementação da Indústria 4.0. Estudos comparativos com outras regiões devem ser realizados, permitindo deste modo, avaliar a capacidade nacional em captar/desenvolver as indústrias da próxima geração e identificar os fatores de atratividade que oferecem ou devem oferecer às empresas que nelas se queiram instalar, dotando-as de instrumentos que permitam aumentar a sua eficiência e desenvolver novos produtos e serviços no âmbito da Indústria 4.0. Para além das dinâmicas empresariais, assume particular relevo as sinergias que deverão ser desenvolvidas intra-empresas à escala regional, numa economia que é cada vez mais global.

BIBLIOGRAFIA

- Almada-Lobo, F. (2016). The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). *Journal of Innovation Management*, 3(4), 16-21.
- Amison, P., & Bailey, D. (2014). Phoenix industries and open innovation? The Midlands advanced automotive manufacturing and engineering industry. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 7(3), 397-411.
- Azhar, S. & Abeln, J.M. (2014). Investigating social media applications for the construction industry, *Procedia Eng.* 85, 42–51. Barquette, S. (2002). Fatores de localização de incubadoras e empreendimentos de alta tecnologia. *Revista de Administração de Empresas*, 42(3), 1-13.
- Azzoni, C. R. (1981). Incentivos municipais e localização no Estado de São Paulo. São Paulo: FIPE/USP.
- Bagheri, B., Yang, S., Kao, H. A., & Lee, J. (2015). Cyber-physical systems architecture for self-aware machines in industry 4.0 environment. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1622-1627.
- Bailey D, De Propriis L (2014) Manufacturing reshoring and its limits: the UK automotive case. *Camb J Reg, Econ Soc*:1–17
- Balasingham, K. (2016). Industry 4.0: Securing the Future for German Manufacturing Companies (Master's thesis, University of Twente).
- Barca, F. (2009). Agenda for a Reformed Cohesion Policy. European Communities.
- Baunsgaard, V. V., & Clegg, S. R. (2015). Innovation: A critical assessment of the concept and scope of literature. In W. Selen, G. Roos, & R. Green (Eds.), *The Handbook of service innovation*.
- Beaven, T., Hauck, M., Comas-Quinn, A., Lewis, T., & de los Arcos, B. (2014). MOOCs: Striking the right balance between facilitation and self-determination. *MERLOT Journal of Online Learning and Teaching*, 10(1), 31-43.
- Boschma, J. (2008). Generación Einstein: más listos, más rápidos y más sociables. *comunicar con los jóvenes del siglo XXI. generatie einstein*.
- Braczyk, H. J., Cooke, P. N., & Heidenreich, M. (Eds.). (1998). *Regional innovation systems: the role of governances in a globalized world*. Psychology Press.
- Bramanti, A. & Lazzeri, G. (2016). Smart Specialisation and Policy-Mix: Economic and Political Challenges Within the Italian Experience. RSA Annual Conference, Building Bridges: Cities and Regions in a Transnational World, 4-6 April, Graz.
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*, 8(1), 37-44.
- Camagni, R. (1989). Functional integration and locational shifts in new technology industry. In: Aydalot, P., Keeble, D. *High technology industry and innovative environments: the European experience*. London.

- Cappellin, R. (2016). Innovation and investments in a regional cross-sectoral growth model: A change is needed in European cohesion policies.
- Castells, M. (1989). *The informational city: information technology, economic restructuring and the urbanregional process*. Oxford: Blackwell.
- Castillejo, P., J.-F. Martínez, L. López, & G. Rubio (2013). An Internet of Things Approach for Managing Smart Services Provided by Wearable Devices. *International Journal of Distributed Sensor Networks* 2013: 1–9. doi:10.1155/2013/190813.
- CE - Comunidade Europeia (2013). Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao comité Económico e social e ao Comité das Regiões.
- Chiariotti, Federico; Condoluci, Massimo; Mahmoodi, Toktam e Zanell, Andrea (2017). *SymbioCity: Smart Cities for Smarter Networks*. This report has been submitted to the ETT Transactions on “Emerging Telecommunications Technologies”, by Wiley, and is currently under review.
- Cleary, M. & Vickers (2014). *Management Skills in the future manufacturing sector, Precision Consultancy for the Department of Education and Early Childhood Development, Melbourne, Australia*.
- Conseil national de l'industrie (2013). *The New Face of Industry in France*. Paris: French National Industry Council.
- Cooper, J., & James, A. (2009). Challenges for database management in the Internet of things. *IETE Technical Review*, 26, 320- 329. doi:10.4103/0256-4602.55275.
- De la Mothe, J., & Paquet, G. (1998). Local and regional systems of innovation as learning socio-economies. In *Local and regional systems of innovation* (pp. 1-16). Springer, Boston, M
- Deloitte (2015). *Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential 15 technologies* [online] Available at: http://www.industrie2025.ch/fileadmin/user_upload/ch-en-delloite-ndustry-4-0-24102014.pdf [Accessed: 14.03.2017].
- Dolphin, T. (2014). *Gathering strength: Backing clusters to boost Britain's exports*. Institute for Public Policy Research, 1-57.
- Dominici, G., Roblek, V., Abbate, T., & Tani, M. (2016). Click and drive: Consumer attitude to product development. Towards future transformations of driving experience. *Business Process Management Journal*, 22, 420-434. doi:10.1108/BPMJ-05-2015-0076.
- Dorfman, N. S. (1983). Route 128: the development of a regional high technology economy. *Research Policy*, 12, p. 299-316.
- Dorst, W., Glohr, C., & Hahn, T. (2015). *Umsetzungsstrategie Industrie 4.0—Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0*. Berlin, Frankfurt am Main: BITKOM, VDMA, ZVEI.
- Dujin, A.; Geissler, C.; Horstkötter, D. (Eds.). 2014. *Industry 4.0. The new industrial revolution How Europe will succeed*. Pub. Roland Berger Strategy Consultants GMBH, Munich.
- Dworschak, B., Zaiser, H., Martinetz, S. & Windelband, L. (2011). *Zukünftige Qualifikationserfordernisse durch das Internet der Dinge in der Logistik, Frequenz*.

- ElMaraghy, H, ElMaraghy, W (2014). Learning Factories for Manufacturing Systems, 4th C. on Learning Factories, Stockholm.
- Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihn, W. (2016). Tangible Industry 4 . 0 : a scenario-based approach to learning for the future of production. *Procedia CIRP*, 54, 13–18. <http://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.162>.
- European Commission (2015a). Program smart cities. Retrieved from <https://ec.europa.eu/energy/en/content/program-smart-cities>.
- European Commission (2015b). The Factories of the Future.
- European Commission (2016). Digitalização da Indústria Europeia - Usufruir de todos os benefícios do Mercado Único Digital. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016DC0180&from=EN>.
- European Commission. (2017). Digital single market. Retrieved from <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digitising-european-industry#Article>.
- Eurostat (2014). Cloud computing. Retrieved from http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Cloud_computing_-_statistics_on_the_use_by_enterprises.
- Evans, Peter C., & Marco Annunziata (2012). *Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines*. Boston, MA: General Electric.
- Flügel, C., & Gehrman, V. (2009). Scientific Workshop 4: Intelligent objects for the Internet of things: Internet of things— Application of sensor networking logistic. In H. Gerhäuser, J. Hupp, C. Efstratiou, & J. Heppner (Eds.), *Constructing ambient intelligence, communications in computer and information science* (Vol. 32, pp. 16-26). Berlin, Germany: Springer.
- Forfas- Expert Group on Future Skills Needs (2013). *Future Skills Requirements of the Manufacturing Sector 2020*.
- Freeman, C. (1995). The ‘National System of Innovation’ in historical perspective. *Cambridge Journal of economics*, 19(1), 5-24.
- Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T., & Schlund, S. (2013). *Produktionsarbeit der Zukunft-Industrie 4.0* (pp. 50-56). D. Spath (Ed.). Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Garcilazo, J. E., Martins, J. O., & Tompson, W. (2010). Why policies may need to be place-based in order to be people-centred. *VoxEU.org*, 20.
- Gehrke, L., Kühn, A. T., Rule, D., Moore, P., Bellmann, C., & Siemens, S. A. (2015). A discussion of qualifications and skills in the factory of the future. In Conference at the Hannover Messe 2015.
- Guedes, M., Hermes, M. H. (1997). Rio, uma cidade inteligente: parque tecnológico da Ilha do Fundão. In: Paladino, G., Medeiros, L. A. (Orgs.) *Parques tecnológicos e meio urbano: artigos e debates*. Curitiba.
- Hagel III, J., Brown, J. S., Kulasooriya, D., Giffi, C., & Chen, M. (2015). *The future of Manufacturing-Making things in a changing world*. Deloitte University Press. Saatavilla.
- Heathman, A. (2015). *Social media and the construction industry Move Commercial*, Move Commercial.

- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. In System Sciences (HICSS), 2016 49th Hawaii International Conference on (pp. 3928-3937). IEEE.
- Hilpert, U., Smith, H. L. (Eds.). (2012). Networking regionalised innovative labour markets. Routledge.
- Hozdić, E. (2015). Smart factory for industry 4.0: A review. *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, 7(1), 28-35.
- Huxtable, J., & Schaefer, D. (2016). On Servitization of the Manufacturing Industry in the UK. *Procedia CIRP*, 52, 46-51.
- IAPMEI (2017). Retrieved from <https://www.iapmei.pt/Paginas/Industria-4-0.aspx>, Industria 4.0., Retrieved from <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc21/comunicacao/noticia#20170130-mecon-industria-4>
- IDA - Intelligent Data Analysis (2012), The Eleventh International Symposium on Intelligent Data Analysis.
- INE (2015). NUTS 2 0 1 3 - As novas unidades territoriais para fins estatísticos. Instituto Nacional de Estatística, I.P. NE, I.P., Lisboa, · Portugal, 2015. ISBN 978-989-25-0341-7.
- INE (2018). Destaque. Informação à Comunicação social. Contas Regionais 2016 e 2017Po. 13 de dezembro de 2018, Lisboa.
- INE (2019). Dados Estatísticos consultados em 2 de maio de 2019. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=cn_Tabelas&boui=248020475
- Instituto Nacional de Estatística (2007). Classificação Portuguesa das Atividades Económicas (Rev.3).
- Isaksen, A., & Trippel, M. (2014). Regional industrial path development in different regional innovation systems: A conceptual analysis (No. 2014/17). Lund University, CIRCLE-Center for Innovation, Research and Competences in the Learning Economy.
- Iyer, Bala (2016). To Predict the Trajectory of the Internet of Things, Look to the Software Industry, *Harvard Business Review*, 2016(2), 1-6.
- Jorgensen, JE, Lamancusa, JS, Zayas-Castro, JL & Ratner, J (1995). The Learning Factory. *Proc. of the Fourth World Conference on Engineering Education*:1-7.
- Kagermann, H. (2015). Change through digitization—Value creation in the age of Industry 4.0. In H. Albach, H. Meffert, A. Pinkwart, & R. Reichwald (Eds.), *Management of permanent change* (pp. 23-45). Wiesbaden, Germany: Springer.
- Kagermann, H., Lukas, W., & Wahlster, W. (2015). Abschotten ist keine Alternative. *VDI Nachrichten. Technik–Wirtschaft–Gesellschaft*, (16).
- Kagermann, H., Wahlster, W. & Helbig, J. (2013). *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*, acatech, Frankfurt/Main.
- Kagermann, Henning, Wolfgang Wahlster, and Johannes Helbig (2013). *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0*. Berlin: Industrie 4.0 Working Group of Acatech.
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., & Kiron, D. (2015). Is your business ready for a digital future? *MIT Sloan Management Review*, 56, 37.

- Kletti, J.: Zukunftskonzept (2015). MES 4.0 Dezentrale Regelkreise synchronisieren. In: IT & Production, (4).
- Lamancusa, JS, Zayas, JL, Soyster, AL, Morell, L, Jorgensen, J (2008), The Learning Factory: Industry-Partnered Active Learning. Journal of Engineering Education 97(1):5–11.
- Landherr, Martin; Schneider, Ulrich e Bauernhansl, Thomas (2016). The Application Center Industrie 4.0 - Industry-driven manufacturing, research and development, 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CIRP-CMS 2016), Procedia CIRP (57), 26 – 31.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering, 6, 239-242. doi:10.1007/s12599-014-0334-4.
- Lee, I., & Lee, K. (2015). The IoT (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. Business Horizons, 58, 431- 440. doi:10.1016/j.bushor.2015.03.008.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4. 0-based manufacturing systems. Manufacturing Letters, 3, 18–23. <http://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>.
- Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. Procedia Cirp, 16, 3-8.
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. de F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. International Journal of Production Research. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>.
- Lindqvist, Ulf e Neumann, Peter G. (2017). Insider risks. The Future of the Internet of Things, COMMUNICATIONS OF THE ACM, 60 (2), 26-30.
- Madsen, Erik Skov; Bilberg, Arne e Grube, Hansen David (2016). Institute of Technology and Innovation SDU Engineering Operations Management, The Mads Clausen Institute SDU Technology Entrepreneurship and Innovation, Title of host publication Proceedings of the 5th P&OM World Confernece 2016, Industry 4.0 and digitalization call for vocational skills, applied industrial engineering, and less for pure academics.
- Magesh, Kumar K; Vetripriya M, Brigetta A; Akila A, Keerthana D. (2016). Analysis on Internet of Things and Its Application, International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology, 2(2), 1040-1047.
- Magruk, A. (2016). Uncertainty in the Sphere of the Industry 4.0–Potential Areas to Research. Business, Management and Education, 14(2), 275-291.
- McMalcolm, J. (2015). How big data is transforming the construction industry, Construction Global.
- Moretti, E. (2012). The new geography of jobs. Houghton Mifflin Harcourt
- Mosconi, F. (2015). The new European industrial policy: Global competitiveness and the manufacturing renaissance. London, England: Routledge.
- Naito, Katsuhiro (2017). A survey on the internet of things. Standards, challenges and future prospects. Journal of information processing, 25(1), 23-31.

- Neugebauer, R., Hippmann, S., Leis, M., & Landherr, M. (2016). *Industrie 4.0-From the perspective of applied research*. Neugebauer, R., Hippmann, S., Leis, M., & Landherr, M. (2016). *Industrie 4.0-From the perspective of applied research*.
- Ning, H., & Liu, H. (2015). Cyber-physical-social-thinking space based science and technology framework for the Internet of things. *Science China Information Sciences*, 58, 1-19. doi:10.1007/s11432-014-5209-2.
- Niosi, J. (2010). *Building national and regional innovation systems*. Books.
- Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*, 83, 121–139. <http://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>.
- Palattella, Maria Rita; Dohler, Mischa; Grieco, Alfredo; Rizzo, Gianluca; Torsner, Johan; Engel, Thomas e Ladid, Latif (2016). Internet of Things in the 5G Era: Enablers, Architecture and Business Models, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 34(3), 1-17.
- Pang, Z., Zhengb, L., Tianb, J., Walterc-Kao, S., Dubrovab, E., & Chen, Q. (2015). Design of a terminal solution for integration of in-home health care devices and services towards the Internet-of-things. *Enterprise Information Systems*, 9, 86-116. doi:10.1080/17517575.2013.776118.
- Peterlin, J., Dimovski, V., Uhan, M., & Penger, S. (2015). Integrating stakeholders' multiple intelligences into the leadership development of a cross-cultural entity: Evidence from the CI Ljubljana. *Journal for East European Management Studies*, 20, 202-225. doi:10.1688/JEEMS-2015-02-Peterlin.
- Pisano, G. P., & Shih, W. C. (2009). Restoring american competitiveness. *Harvard business review*, 87(7/8), 114-125.
- Porter, E. M., & Heppelmann, E. J. (2014, November). How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, 92, 65-88.
- Portugal, 2020(a). Retrieved from <https://www.portugal2020.pt/Portal2020/estrategia-para-a-industria-4-0-tera-apoio-do-portugal-2020>.
- Prinz, C., Morlock, F., Freith, S., Kreggenfeld, N., & Kreimeier, D. (2016). Learning Factory modules for smart factories in Industrie 4.0. *Procedia CIRP*, 54, 113–118. <http://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.105>.
- PwC (2016). *Indústria 4.0. Construir a empresa digital*. PwC “Global Industry 4.0”. 1ª edição em Portugal, Setembro 2016. www.pwc.pt/industria40.
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Procedia CIRP*, 52, 173-178.
- Quatraro, F. (2016). Co-evolutionary patterns in regional knowledge bases and economic structure: evidence from European Regions. *Regional Studies*, 50(3), 513-539.
- Ratti, R., A. Bramanti and R. Gordon (eds) (1997), *The Dynamics of Innovative Regions, The GREMI Approach*, Ashgate, Aldershot
- Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0. *SAGE Open*, 6(2), 2158244016653987.

- Rocco, R. A., & Bush, A. J. (2016). Exploring buyer-seller dyadic perceptions of technology and relationships: Implications for Sales 2.0. *Journal of Research in Interactive Marketing*, 10, 17-32. doi:10.1108/JRIM-04-2015-0027.
- Rolik, Y. A. (2013). A complex approach to evaluating the innovation strategy of a company to determine its investment attractiveness. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 99, 562-571.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries*. Boston Consulting Group, 9.
- Rüßmann, M., Loenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. The Boston Consulting Group.
- Santos, C., Mehraei, A., Barros, A. C., Araújo, M., & Ares, E. (2017). Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps. *Procedia Manufacturing*, 13, 972–979. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.093>.
- Scheer, A. W. (2012). Industrierevolution 4.0 ist mit weitreichenden organisatorischen Konsequenzen verbunden! (Industrial Revolution 4.0 is associated with far-reaching organizational consequences!) *Information Management & Consulting*, 3, 10-11.
- Schlechtendahl, J., Keinert, M., Kretschmer, F., Lechler, A., & Verl, A. (2015). Making existing production systems Industry 4.0-ready. *Production Engineering*, 9, 143-148. doi:10.1007/s11740-014-0586-3.
- Schmenner, R. W. (1982). *Making business location decisions*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Schwab, K., 2016. *The Fourth Industrial Revolution*. Penguin Random House, U.K.
- Sethia, Pallavi e Sarangi, Smruti R. (2017). Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications, *Journal of Electrical and Computer Engineering* Vol. 2017, 1- 25.
- Sommer, L. (2015). Industrial revolution—Industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution? *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8, 1512-1532. doi:10.3926/jiem.1470.
- Spath, D., Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T., Schlund, S. (2013). *Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0*, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, Stuttgart, Studie.
- Spolidoro, R. (1997). A sociedade do conhecimento e seus impactos no meio urbano. In: Paladino, G., Medeiros, L. A. (Orgs.) *Parques tecnológicos e meio urbano: artigos e debates*. Curitiba: Anprotec.
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia Cirp*, 40, 536-541.
- Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 40-45.
- Upton, J. F., & Stein, S. L. (2015). *Responder technology alert nmonthly (Oct-Nov 2014) (No. PNNL-24014)*. Richland, WA: Pacific Northwest National Laboratory.

- Ushakov, D. S. (2012). Innovative Capacity as a Modern Factor of Countries Investment Attractiveness Dynamic. *International Journal of Organizational Innovation (Online)*, 4(4), 6.
- Vaidyaa, S., Ambadb, P., & Bhoslec, S. (2018). Indústria 4.0—a glimpse. *Design Engineering*, 2351, 9789.
- Wagner, U, AlGeddawy, T, ElMaraghy, H & Müller, E (2012). The State-of-the- Art and Prospects of Learning Factories. *Procedia CIRP* 3:109–14.
- Weber, E. (2015). Industrie 4.0—Wirkungen auf Wirtschaft und Arbeitsmarkt (Industry 4.0 Impact on the economy and labor market). *Wirtschaftsdienst*, 95, 722-723.
- Witkowski, K. (2017). Internet of things, big data, industry 4.0—Innovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia Engineering*, 182, 763-769.
- Wolter, M. I., Mönnig, A., Hummel, M., Schneemann, C., Weber, E., Zika, G., ... & Neuber-Pohl, C. (2015). Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft: Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations-und Berufsfeldprojektionen (No. 8/2015). IAB-Forschungsbericht.
- Xiaopu, Shang; Runtong, Zhang; Xiaomin, Zhu e Quan, Zhou (2016) Design theory, modelling and the application for the Internet of Things service, *Enterprise Information Systems*, 10:3, 249-267, DOI: 10.1080/17517575.2015.1075592.
- Yan, L., Y., Zhang, T. Yang, & H. Ning (2008). *The Internet of Things: From RFID to the Next-Generation Pervasive Networked Systems*. New York: Auerbach Publications.
- Yu, J., Subramanian, N., Ning, K., & Edwards, D. (2015). Product delivery service provider selection and customer satisfaction in the era of Internet of things: A Chinese e-retailers' perspective. *International Journal of Production Economics*, 159, 104-116. doi:10.1016/j.ijpe.2014.09.031.
- Zhengxia, W., & Laisheng, X. (2010). Modern logistics monitoring platform based on the Internet of things. In R. Li & Y. Wu (Eds.), *Proceedings of the international conference on intelligent computation technology and automation (ICICTA)* (pp. 726-731). Changsha, China: IEEE.
- Zhou, J., Cao, Z., Dong, X., & Lin, X. (2015). Security and privacy in cloud-assisted wireless wearable communications: Challenges, solutions, and future directions. *Wireless Communications, IEEE*, 22, 136-144. doi:10.1109/MWC.2015.7096296.
- Zoroja, J. (2015). Fostering competitiveness in European countries with ICT: GCI agenda. *International Journal of Engineering Business Management*, 7, 18. doi:10.5772/60122.