
A INFLUÊNCIA DA INDÚSTRIA 4.0 NO PADRÃO DE ESPECIALIZAÇÃO
DO SETOR TECNOLÓGICO EM PORTUGAL.

Luís Carlos Rodrigues Alves

Dissertação

Mestrado em Economia e Gestão Internacional

Orientado por

Professor Óscar João Atanásio Afonso

Professora Natércia da Silva Fortuna

2020

“As mudanças são tão profundas que, na perspectiva da história da humanidade, nunca houve um momento tão potencialmente promissor ou perigoso.”

Klaus Schwab

Executive Chairman da World Economic Forum

Agradecimentos

Esta dissertação é o fecho de ciclo e representa um ponto e vírgula no meu percurso académico, uma oportunidade para novos desafios vindouros.

Quero agradecer à Instituição da Faculdade de Economia da Universidade do Porto, na figura de todos os professores do MEGI, pelos conhecimentos transmitidos e por fomentarem uma reflexão crítica no seio dos seus alunos. Em particular ao Professor Óscar Afonso por ter aceitado o meu desafio, por guiar os meus devaneios e, acima de tudo, por me pressionar a procurar ser melhor. À Professora Natércia Fortuna tenho de agradecer pela atenção e paciência em suprir todas as necessidades e procurar alternativas para todas as dificuldades.

Um obrigado aos meus colegas de trabalho, colegas de curso, especialmente à Lara, familiares, e em particular aos meus amigos e parceiros, aqueles que considero família, por nunca me deixarem desistir. Por fim, ao Hugo um especial obrigado pelo apoio ao longo desta jornada.

Aos meus pais e à minha irmã por sempre acreditarem em mim e que seria capaz de alcançar todos as minhas metas, por serem um verdadeiro exemplo na minha vida. São e serão sempre um pilar fundamental para mim.

Sou Grato!

Índice

1. Introdução	1
2. Revisão Literatura	3
2.1 Revolução Tecnológica: contexto genérico	3
2.2 Emergência da Indústria 4.0	5
2.3 Indústria 4.0	6
2.4 Indústria 4.0 em Portugal	10
3. Setor de serviços das TIC	12
3.1 Determinantes da exportação de serviços das TIC	12
3.2 Portugal e o contexto económico e social.....	14
3.3 Análise das Séries	16
3.4 Caracterização do mercado tecnológico português.....	168
4. Metodologia, estimação e análise de resultados	20
4.1 Modelo ARDL	210
4.2 O modelo dinâmico das exportações de serviços das TIC	21
4.3 Apresentação e Interpretação dos resultados da estimação	21
4.4 Conclusão.....	21
5. Entrevistas	30
5.1 Fatores Explicativos das exportações do setor tecnológico	31
5.2 Amostra.....	31
5.3 Recolha de dados	31
5.4 Apresentação de Resultados	32
5.5 Interpretação de Resultados	34
6. Conclusão.....	35
Referências.....	38
Anexos	41

Índice de Tabelas

Tabela 2.1: Integração de Design Principles para cada Componente Chaves da i4.0	9
Tabela 4.1: Resultados da estimação dos modelos ARDL para a variável dependente lnExp_TIC	24
Tabela 4.2: Estimativas dos efeitos de curto e longo prazo.....	27
Tabela 4.3: Testes de Estacionariedade	28

Índice de Figuras

Figura 3.1: Exportação e Importação Total e de Serviços, em milhões de € [2000; 2019]....	14
Figura 3.2- Exportação e Importação Total e de Serviços, em % do Comércio Internacional [2000; 2019].....	15
Figura 3.3: Exportação total e IDE, em milhões de €, 1996-2019	16
Figura 3.4: Peso da exportação e IDE no PIB, em %, 1996-2019.....	16
Figura 3.5: Exportação total e de serviços, em milhões de €, 1996-2019	17
Figura 3.6: Exportação de serviços e de serviços de TIC, em milhões de €, 1996-2019.....	17
Figura 3.7: Exportação e Importação de serviços, em milhões de € [1996; 2019]	17
Figura 3.8: Exportação e Importação de serviços de TIC, em milhões de € [1996; 2019]	17
Figura 3.9: Volume de emprego total e nos 3 setores de atividade, em milhares de pessoas/vagas [1996; 2019]	18
Figura 3.10: Número de diplomados totais e nas áreas das TIC [2000; 2019].....	18
Figura 3.11: Volume de Empresas no setor das TIC, em milhares de €, em 2017.....	19

Índice de Anexos

Anexo 1: Evolução da WEB.....	41
Anexo 2: Relatório Europeu	41
Anexo 3: Listagem de Programas de apoio ao desenvolvimento e implementação de indústria 4.0 em Portugal	42
Anexo 4: Exportações e Importações em milhões de euros (preços correntes), em Portugal .	42
Anexo 5: Percentagem de emprego no setor dos serviços, em função do número total de emprego.....	43
Anexo 6: Percentagem do pessoal das TIC em função do emprego total	43
Anexo 7: Emprego de ICT Specialists em função da percentagem total de emprego, em 2017	44
Anexo 8: Proporção dos nascimentos de empresas dos setores de alta e média-alta tecnologia, Portugal e NUTS III.....	44
Anexo 9: Número de empresas no setor das Tecnologias de Informação e Comunicação	45
Anexo 10: Volume de Negócios das Empresas no setor das Tecnologias de Informação e Comunicação, em milhares de euros (Zona Norte)	45
Anexo 11: Número de Pessoal ao Serviço nas Empresas do Setor das Tecnologias de Informação e Comunicação (Zona Norte)	47
Anexo 12: Guião de Entrevista.....	48
Anexo 13: Quadro base para a elaboração do Questionário.....	49
Anexo 14: Seleção dos entrevistados e caracterização da amostra baseada no mercado.....	51

Resumo

Esta dissertação procura contribuir para a literatura empírica do crescimento e da evolução do setor tecnológico em Portugal. O ponto de partida centra-se no estudo da 4ª revolução industrial, como esta se traduziu em avanços tecnológicos, bem como no seu impacto sobre a internacionalização e o padrão de especialização de exportação de serviços.

A sociedade e as empresas são agentes impulsionadores das sucessivas ondas industriais. A mais recente revolução industrial, 4ª onda de inovação, ultrapassa o espectro físico, focando-se na conectividade entre homem e as máquinas, na simbiose das tarefas diárias. Distingue-se claramente das restantes devido à velocidade e diversidade de propagação. Face às lacunas da informação, observa-se que não há uma definição consensualmente aceite na literatura que se debruce sobre tema. O que fica claro é que grande parte dos estudos partem da Alemanha (epicentro da Indústria 4.0).

Nesta dissertação foi possível examinar a relevância da indústria 4.0 para as empresas tecnológicas em Portugal aos olhos das exportações de serviços de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Baseando num conjunto de variáveis no período 1998-2018 e na estimação de modelos dinâmicos ARDL/ECM, complementado com um conjunto de entrevistas, a conclusão relevante confirma que as variáveis Capital Humano, Investimento Direto Estrangeiro e Investimento em Infraestrutura têm um contributo positivo na Exportação de Serviços de TIC, no longo prazo. Destaca-se ainda a importância do investimento público em educação, fator dominante e motor impulsionador no desenvolvimento do tecido empresarial tecnológico.

Palavras-Chaves: Indústria 4.0; Exportação de Serviços de TIC; Especialização Tecnológica; Modelo ARDL/ECM; Capital Humano; IDE; Investimento em Infraestruturas.

Abstract

This study examines the growth and evolution of the technological sector in Portugal. The starting point is centered on the 4th industrial revolution, evaluating the technological advances, also the impact on the internationalization and specialization pattern of service exports.

Society and companies are driving the successive industrial waves. The most recent industrial revolution, 4th wave of innovation, goes beyond the physical spectrum, focusing on connectivity between man and machines, and the symbiosis of daily tasks between them. This wave differs from others only in the speed and diversity of propagation. Caused by the information gaps, there is no consensually accepted definition in the literature that focuses on the topic. Is clear that a large part of the studies come from Germany (epicenter of Industry 4.0).

It is possible to examine the relevance about industry 4.0 for technological companies in Portugal in the eyes of exports of Information and Communication Technologies (ICT) services. Based on a set of variables in the period [1998-2018] and respective estimation using ARDL / ECM dynamics models, complemented with a set of interviews, a relevant conclusion confirms that the variables Human Capital, Foreign Direct Investment and Infrastructure Investment have a positive contribution to the ICT services exports in the long term. It also highlights the importance of public investment in education, as a dominant in the development of the technological entrepreneurs' companies.

Key words: Industry 4.0; ICT services Exports Technological Specialization; ARDL / ECM Model; Human capital; FDI; Infrastructure Investment.

1. Introdução

Esta investigação tem como objetivo compreender a que nível a Indústria 4.0 influencia o padrão de especialização das empresas de tecnológicas. Visa recolher informação através da análise estatística de séries económicas relevantes para o tecido empresarial, ligado às tecnologias de informação e comunicação (TIC).

Em pleno Séc. XXI assistimos a uma nova onda de revolução tecnológica, que se distingue pela sua velocidade, amplitude e profundidade, através da fusão entre os domínios físicos, digitais e biológicos. A 4ª revolução é de cariz global, define-se por um conjunto de ações capazes de afetar a dinâmica económica e de influenciar direta e indiretamente os relacionamentos sociais. Esta onda introduziu novos modelos de negócio, alterações estruturais no local de trabalho e no relacionamento entre o homem e a máquina.

No topo dos países pioneiros que tem contribuído para o desenvolvimento do conceito de indústria 4.0 surge a Alemanha, em particular na transformação tecnológica e implementação de planos estratégicos. A corrente alemã são introduziu novos conceitos como *Cyber-Physical Systems* (CPS), *Internet of Things* (IoT), *Internet of Services* (IoS) e *Smart factories* (Kagermann et al. 2013), que dão origem aos Componentes Chave da Indústria 4.0. Posteriormente, o *Working Paper* desenvolvido por Hermann et al. (2015), surge com o objetivo de implementar os pressupostos da Indústria 4.0 e definir um conjunto de elementos facilitadores da sua estratégia, designados *Design Principles*, sendo eles a Interoperabilidade, Virtualização, Descentralização, Capacidade em Tempo-Real, Orientação ao Serviço e Modularidade.

Imagine-se as possibilidades de milhões de indivíduos conectados por dispositivos móveis ligados à internet. Imagine-se as combinações ilimitadas na introdução de máquinas capazes de aprender autonomamente no quotidiano das sociedades. Imagine-se qual o resultado da introdução plena de impressão 3D, veículos autónomos e inteligência artificial na qualidade de vida. Imagine-se ainda que todas as transações económicas seriam feitas em criptomoedas, após a abolição da moeda. A questão central que se coloca é qual o verdadeiro impacto da Indústria 4.0 no comércio internacional, na gestão das empresas e efeitos na sociedade? É, no fundo, tentar compreender para onde caminhamos. Esta reflexão serve aos revolucionários, aos apaixonados pela inovação e tecnologia, aqueles que estão empenhados em empreender as novas oportunidades dessa mudança. Acima de tudo, procura dar sentido à coexistência entre tecnologia e sociedade.

Esta dissertação pretende fornecer informações sobre o ajustamento de curto prazo e equilíbrio de longo prazo. Assim, a análise passa por usar modelos dinâmicos do tipo Autoregressivos de Desfasamentos Distribuídos (ARDL). As estimações das séries temporais das variáveis incluídas são alusivas ao período 1998-2018 com periodicidade anual. É considerada uma abordagem “*Systematic Combining*”, baseada na literatura e nos resultados do modelo econométrico, sendo possível modelizar e adaptar as entrevistas de forma a extrair informação pertinente à investigação em curso.

Esta dissertação desenvolve-se em 5 capítulos. Inicialmente, esta introdução serve para explicar o âmbito da dissertação, bem como, a relevância e contributo da investigação. É apresentada a metodologia e assuntos mais importantes. Em seguida, no capítulo 2, são aprofundadas as revoluções passadas e qual o estudo feito, até à data, acerca da Indústria 4.0, com um olhar atento no caso alemão. Os tópicos a analisar são as características e elementos chave subjacentes a esta revolução industrial, bem como, uma contextualização do estado atual de Portugal. No capítulo 3, dá-se a conhecer a abordagem e uma análise estatística das séries temporais ao nível da importância do investimento direto estrangeiro, capital humano, investimento em TIC e exportação de alta tecnologia. Segue-se a caracterização do mercado tecnológico no país e um olhar detalhado acerca da área metropolitana do Porto. Em seguida, no capítulo 4, discute-se os modelos econométricos teóricos e os resultados obtidos da estimação. O capítulo 5 consiste na validação do modelo através da realização de entrevistas a uma amostra de profissionais de gestão nas empresas tecnológicas da área metropolitana do Porto. Estas entrevistas têm a particularidade de identificar variáveis que não foram estimadas no modelo e que podem ser relevantes para a investigação. Por fim, o capítulo 6 é visto como o desfecho final onde se oferece vias para a continuidade do estudo e conclusões sobre o mesmo.

2. Revisão Literatura

Este capítulo centra-se na revisão de literatura existente que permite explorar e consolidar as várias temáticas e definições em torno da Indústria 4.0 (i4.0). Aqui são apresentados os diversos estudos realizados pela corrente alemã. Na secção 2.1 é apresentado um levantamento do estado atual da tecnologia com a passagem do mundo para Portugal. Na secção 2.2 uma análise das revoluções industriais, culminando na secção 2.3 no seu estado atual, destacando os estudos realizados em torno da temática principal, a Indústria 4.0. A secção 2.4 dá a conhecer algumas iniciativas, programas e medidas que estão a ser realizadas em Portugal com o objetivo de promover a implementação da i4.0 no tecido empresarial.

2.1. Revolução Tecnológica: contexto genérico

O mundo encontra-se cada vez mais energético e desenvolvido tecnologicamente. A *web* deixou de ser apenas uma coleção de páginas estáticas com informação e começou a caminhar para processos mais complexos e interativos, com trabalhos em paralelo na área da Inteligência Artificial (IA) e Sistemas operacionais dinâmicos e inteligentes.

A sociedade e as empresas tiveram a necessidade de incorporar formas alternativas de informação (Anexo 1). Com a introdução da internet, foi criado um sistema de “*Read-only Web*”, onde qualquer utilizador acede a uma página *HTML* estática (Gil, 2014). Esta geração foi designada como Web 1.0, que surge com o aparecimento do conceito de TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação). A *Web 2.0* surge com a introdução de novas ferramentas digitais capazes de partilhar e editar informação, com interações do tipo “*Read-Write*” (Gil, 2014). Esta fase é caracterizada pela “*Web Social*”, uma escalada do quotidiano para o mundo virtual nomeadamente pelo aparecimento de várias redes sociais capazes de estimular e partilhar dados, como LinkedIn, Facebook e Twitter. A evolução de uma sociedade de informação para uma sociedade de conhecimento traz consigo o conceito de *Web 3.0*, uma web síncrona com informação em tempo real, conjugada com o desenvolvimento e incremento de redes *Wifi*, bem como pela presença de equipamentos tecnológicos portáteis nas tarefas diárias. Com isto, foi possível criar uma ubiquidade digital onde o acesso à internet é constante e feito em qualquer parte do mundo.

Considerando os últimos 30 anos, a revolução tecnológica sofreu uma transformação, inicialmente devido ao impacto da mecanização e eletricidade e, posteriormente, devido à digitalização, automação e avanços nas áreas das TIC. Os economistas descrevem esta onda de digitalização e inovação como *Digital Tsunami*. “Segundo as estimativas de Gartner, em 2015

os objetos digitalmente conectados a sensores cresceram de 4,9 em 2015 para mais de 6,3 bilhões em 2016, com a previsibilidade de atingir os 20,7 bilhões em 2020” (Celaschi, 2017, pág. 97).

Na Europa, seria inviável não considerar o avanço e desenvolvimento da potência alemã face aos restantes países. Em 2012, O governo alemão desenvolveu e criou um plano designado como “*Industrie 4.0*”, com o objetivo de criar relacionamentos entre todas as áreas, onde os processos produtivos pudessem comunicar entre si e gerir-se autonomamente. O primeiro relatório produzido pela plataforma foi lançado em 2015. De acordo com Kagermann (2013) o programa resultará no aparecimento de novos modelos de negócio, nomeadamente ao favorecer o aparecimento de *Start-ups* e PMEs em torno da inovação e digitalização. Este é resultado da criação de uma estratégia de longo prazo, projetada e promovida pelo governo alemão, para 2020. No seguimento da literatura de Kagermann (2013), é possível considerar a Alemanha como uma forte indústria com um elevado nível de competências tecnológicas, dotada em *know-how*, como sistemas embebidos e engenharia de automação.

No caso português é de notar que o processo de transformação tecnológica obedeceu a um leque de “choques” de natureza política, económica e social. A adesão à União Europeia proporcionou acesso a informação, estratégias e ações de promoção à inovação tecnológica, nomeadamente programas de apoio à investigação, livre-trânsito de capital humano altamente qualificado e incentivos estatais.

Segundo o Relatório Europeu de *E-commerce* B2C de 2016, em Portugal, cerca de 70% da população com mais de 15 anos usa internet e, por exemplo, quanto ao crescimento anual do comércio *online* foram apresentados resultados superiores à média da UE, sendo em Portugal +14% e o conjunto europeu com +13% (Anexo 2) (BCG, 2018). O estudo, de 2017, da Associação da Economia Digital em Portugal (ACEPI), refere que a percentagem de população com acesso à internet em Portugal é de 74% e prevê-se que aumente para 91% em 2025, sendo este valor muito próximo da média europeia de 96,4%, e muito superior à média mundial. Relativamente à percentagem de população que adere e compra *online*, é esperado que o valor em 2025 (71%) venha a duplicar-se face ao ano de 2017 acompanhando a evolução europeia e diminuindo o desfasamento entre Portugal e a UE.

Atualmente, empresas, organizações e associações trabalham para incentivar ações de cariz tecnológico. Segundo COTEC (2017), estes tipos de instituições têm promovido ações em prol da 4ª revolução industrial através da implementação de políticas que vão ao encontro da indústria 4.0, promovendo que Portugal se torne um *Hub* Tecnológico, na Europa.

2.2 Emergência da Indústria 4.0

Algumas inovações tiveram impacto tal que, em certos momentos da história, conduziram a uma Revolução Industrial. Se no passado as máquinas competiam com o homem nas suas aptidões físicas, atualmente a competição é cognitiva, resultado das novas tecnologias de IA, da capacidade de análise de grandes volumes de informação e processos autónomos capazes de tomar decisão sem intervenção humano.

De um ponto de vista cronológico, a 1ª Revolução Industrial (RI), no séc. XVII, na Grã-Bretanha, considerada Indústria 1.0, caracteriza-se pelo desenvolvimento de um sistema capitalista. Fruto do desenvolvimento de rotas para colónias e resto da Europa, tornou possível à potência inglesa acumular recursos (naturais e capitais) essenciais à aceleração da 1ª RI. As principais mudanças surgem através da introdução de novos processos de produção provenientes do carvão, ferro e aço, assim como de novas técnicas agrícolas como a introdução do tempo de recuperação dos solos e formação da mão-de-obra/formação da classe operária.¹ A mecanização do trabalho veio substituir o sistema artesanal, dando origem aos processos fabris.

Já no início do séc. XIX assistimos à descoberta da eletricidade e da primeira linha de montagem.² A 2ª RI é acompanhada pela segunda vaga de globalização, caracterizada pelos avanços e emancipação do peso económico do Atlântico Norte na economia europeia/ocidental, “o sistema económico baseado na economia de mercado tinha atingido a sua maturidade assentando numa produção industrial em larga escala, num comércio internacional desenvolvido e em contínua expansão e em significativos movimentos internacionais de capitais dos países europeus em direção às colónias e aos novos países do ultramar” (Pereira, 2007, p. 5). Esta evolução da globalização traduziu-se numa nova era de crescimento económico, através do crescimento do comércio e investimento internacional.

Os meados do séc. XX, essencialmente durante os anos 70, desenvolve-se o primeiro sistema de automação, o computador. É nesta altura que assistimos à Indústria 3.0. Segundo Kagermann et al. (2013, p. 19) “Ambientes de manufatura, integração de redes verticais e

¹ Entende-se por classe operária os trabalhadores fabris e industriais, onde “os homens definem a sua classe enquanto vivem sua história, e esta é, portanto, uma formação tanto cultural como económica, que surge por processos e transformações históricas e espaciais distintas” (Thompson, 1989).

² Produção em massa, idealizada por Henry Ford.

horizontais³ em engenharia *end-to-end* cada vez mais inteligentes serão o caminho para a 4ª revolução tecnológica”. A introdução da Indústria 4.0 tem, como dito acima, por base a digitalização e automação de ativos físicos e a integração entre os diversos ecossistemas digitais. Assim, pode ser caracterizada como a quarta fase da industrialização baseada nos produtos e processos resultantes da mudança tecnológica, que concilia as diversas áreas tecnológicas na constante procura de valor para as organizações.

2.3 Indústria 4.0

Como já referido, este novo conceito é introduzido na Alemanha, durante a “Hannover Fair” em 2011, onde o termo é referenciado como a 4ª RI (Kagerman, 2013). Desde então, diversos autores têm-se debruçado sobre este tema, na tentativa de encontrar uma definição consensualmente aceite. Esta lacuna tem por base a dificuldade em medir as dimensões das características, assim como, a falta de dados quantitativos. As revisões realizadas mostram-nos que os benefícios estimados para a nova onda industrial são elevados, estima-se um benefício de aproximadamente 78 biliões de euros no PIB alemão até ao ano de 2025 (Bauer, 2014). O impacto económico proveniente da Indústria 4.0 prevê-se significativo e promete um aumento substancial da efetividade operacional (produtividade), assim como de novos modelos de negócio, serviços e produtos.

Uma das iniciativas sobre a procura de definições foi a criação da “Industrie 4.0 Working Group” de origem alemã, em Abril de 2013, que contou com a participação do centro de pesquisa de Kagermann et al. (2013, p. 5), onde descrevem a sua visão sobre a Indústria 4.0 (i4.0) como “negócios que estabelecem *networks* globais e incorporam as suas máquinas, *Warehouse Systems*,⁴ produção e instalações em forma de *Cyber-Physical Systems* (CPS). Em ambiente industrial, os CPS agrupam *smart machines*, sistemas de inventários e produção que facilitam a troca autónoma de informação, despoletado ações e controlos entre si de forma independente”. Este grupo de trabalho dá origem à criação da “Plattform Industrie 4.0” com o objetivo de partilhar recomendações e boas práticas de implementação, onde se define a Indústria 4.0 como o “novo nível de cadeia de valor de gestão e organizações através de um novo ciclo de produtos” (Plattform Industrie 4.0, 2014, p. 2).

³ Por integrações de redes verticais entende-se a integração de diversos sistemas de IT em diferentes níveis hierárquicos dentro da empresa, com o objetivo de entregar uma solução chave na mão. Por sua vez, podemos definir redes horizontais como a integração de diversos sistemas de IT ao nível dos processos de manufatura e/ou de processos de novos modelos de negócio em diferentes empresas.

⁴ Sistemas inteligentes de gestão de *stock* e de armazém.

Outras pesquisas mais recentes podem definir i4.0 como “a troca de informação, controlo de máquina e unidades de produção ativas autónomas e inteligentes em Interoperabilidade (Qin, 2016, p. 173), isto é, a capacidade de um sistema comunicar de forma transparente com o outro.” Com base na literatura europeia, Smith et al. (2016, p. 7) baseiam as características da i4.0 em requisitos como “organizações de processos de produção baseados em tecnologia e dispositivos que comunicam entre si, autonomamente ao longo da cadeia de valor.”

De acordo com Kagermann et al. (2013) é possível identificar 4 Componentes Chave fundamentais: *Cyber-Physical Systems* (CPS); *Internet of Things* (IoT); *Internet of Services* (IoS) e *Smart Factory*. Segundo alguns autores não é possível considerar *Machine-to-Machine* (M2M),⁵ *Smart Products*,⁶ *Big Data* e *Cloud* como componentes, mas sim como elementos complementares, uma vez que não atuam de forma independentes.

Relativamente aos Componentes Chave da indústria 4.0, o conceito de *Cyber-Physical Systems* (CPS) remete para o ano de 2008, onde Lee et al. (2008, p. 363) define o termo como “integrações computacionais com processos físicos”. Posteriormente, Kagermann et al. (2013, p. 5) refere-se a CPS como “*smart machines*, sistemas de armazém e de produção capazes de trocar informação autonomamente, desencadear ações e controlar-se de forma independente”. O *Working Group* (2014) reforça que os CPS correspondem à ligação e relacionamento entre o que é físico e o mundo virtual.

A integração de IoT e IoS nos processos da indústria serve de mote à 4ª Revolução Industrial. A *Internet of Things* (IoT) permite que “coisas” e “objetos” como RFID, sensores, telemóveis, possam comunicar entre si, partilhar informação e cooperar com o propósito de alcançar objetivos comuns (Hermann et al., 2015, p. 9). A definição de CPS e IoT pode ser vulgarmente comparada, uma vez que ambos se definem como “coisas” e “objetos” que interagem entre si. Contudo, IoT é definido a conexão entre múltiplos objetos à internet (CPS), conexão essa capaz de interagir entre si e com outros dispositivos, podendo trocar informação entre eles, ou com humanos.

Uma subcomponente de CPS, são os *smart products*, produtos conectados entre si através de pequenos computadores que estão ligados à internet e partilham informação, que despoletam ações autonomamente e oferecem uma exponencial janela de oportunidades ao superar as limitações dos produtos tradicionais⁷ (Porter e Heppelmann, 2014). Os estudos da Deloitte

⁵ Considera-se M2M como um utilizador de IoT.

⁶ Subcomponente de CPS.

⁷ Produtos pouco dotados em tecnologia.

apontam para que, em 2020, 32 milhões de objetos estejam ligados à internet, representando 15% dos objetos do mundo (Deloitte - The Digital Enterprise: Europe and Portugal, 2015, p. 9).

Na indústria 4.0, homem e máquina coabitam o mesmo espaço, os produtos e serviços desenvolvidos em conjunto são orientados para o utilizador, que dá origem ao pilar da IoS. Estes são serviços combinados e oferecidos entre diversos fornecedores, facilmente disponibilizados através de tecnologias web, onde empresas e utilizadores trabalham para combinar, criar e oferecer novos serviços da cadeia de valor (Wahlster et al., 2014). O conceito de IoS introduz nova forma de distribuição individual da cadeia de valor (Plattform Industrie 4.0, 2013).

Por fim, como último Componente Chave da i.40, as *Smart Factories* são capazes de gerir complexidade, menos propensas a disrupção e mais ágeis na gestão de bens manufaturados com eficiência, podem ser definidas como fábricas onde CPS comunicam através de IoT, com o objetivo de apoiar e suportar pessoas e máquinas na execução das suas tarefas (Hermann et al., 2015). Nas *smart factories*, homens, máquinas e recursos comunicam naturalmente uns com os outros numa *social network* (Kagermann et al., 2013).

Sintetizando, define-se Indústria 4.0 como: “Através das estruturas modulares das *Smart Factories* da Indústria 4.0, CPS monitoram os processos físicos, criam uma cópia virtual dos sistemas físicos globais de forma a tomar decisões descentralizadas. Através de IoT, CPS comunicam e cooperam entre si e com os seres humanos em tempo real. Via IoS, serviços inter-organizacionais são oferecidos e utilizados para utilizadores da cadeia de valor” (Hermann et al., 2013, p.11).

Como literatura complementar aos estudos de Kagermann et al. (2013), surge o *Working Paper* de Hermann et al. (2015), que vem discutir o tópico da relevância da i4.0 de um ponto de vista académico e os desafios que surgem quando desejamos implementar cenários no contexto da indústria. Nesse sentido, o *paper* deste grupo de autores visa identificar os 6 *Design Principles* facilitadores da i4.0, sendo eles a: (1) Interoperabilidade; (2) Virtualização; (3) Descentralização; (4) Capacidade em Tempo-Real; (5) Orientação ao Serviço e (6) Modularidade.

No contexto de *Smart Factories*, a Interoperabilidade significa que CPS são capazes de comunicar através de redes abertas, para diversas fontes/semânticas (Hermann et al., 2013); ou seja, a capacidade dos *softwares* partilharem informação. A Interoperabilidade pode ser definida como a capacidade de sistemas conectados possam trabalhar de forma coordenada e

independente, podendo ser vista como máquinas ou linhas de montagem (Smith et al., 2016) ou redes de produção em integrações verticais e horizontais (Brettel et al., 2014).

A Virtualização significa que CPS são capazes de monitorizar processos físicos, por exemplo, através de sensores de recolha de informação ligados a modelos virtuais ou de simulação, “a criação de uma cópia virtual do mundo físico” (Hermann et al., 2013, p. 12). Na indústria, em caso de falha, o sistema despoleta uma notificação para os seres humanos. Toda essa informação é analisada e processada, tendo em vista a execução devida do próximo passo da cadeia.

Atualmente, é necessário garantir qualidade e monitorização dos processos, a qualquer momento. A nova era de inovação, permitiu o desenvolvimento de computadores incorporados em CPS capazes de tomar decisões autonomamente (Hermann et al., 2013, p. 12). O processo de Descentralização significa que sistemas de RFID podem “dizer” às máquinas quais os próximos passos necessários, sem necessidade de intervenção humana, conduzindo a uma melhoria dos processos das *Smart Factories*. Para as organizações é necessário que a recolha de informação e análise da mesma seja em Tempo-Real (Hermann et al., 2013), sendo que em caso de falha, as máquinas devem despoletar um sistema de alerta e redirecionar o seu processo imediatamente, potenciando a eficiência das *Smart Factories*.

Os ativos das empresas (CPS e mão de obra) estão disponíveis na IoS, à disposição dos participantes. Como resultado, o processo de produção de especialização do produto deve ser composto pelas especificações de requisitos dos utilizadores, com base em informação proveniente de sistemas como RFID, dando origem ao conceito de Orientação ao Serviço.

Tabela 2.1: Integração de *Design Principles* para cada Componente Chaves da i4.0

	Cyber-Physical Systems	Internet Of Things	Internet of Services	Smart Factories
Interoperabilidade	X	X	X	X
Virtualização	X	-	-	X
Descentralização	X	-	-	X
Capacidade em Tempo-Real	-	-	-	X
Orientado ao Serviço	-	-	X	-
Modularidade	-	-	X	-

Fonte: Hermann et al. (2015).

2.4 Indústria 4.0 em Portugal

Atualmente em Portugal, o investimento nos processos industriais de tecnológica avança a passos largos. A introdução da digitalização e automação no país serve de mote ao trabalho emergente das PME's na pesquisa, procura e desenvolvimento de novos produtos, métodos ou processos. Com a emergência do conceito de indústria 4.0, as empresas tendem a moldar-se em prol de se tornarem mais competitivas, conquistando cotas de mercado.

O plano de atividades da COTEC Portugal,⁸ em 2017, estabelece um protocolo de colaboração com o Governo português a fim de incluir a monitorização e acompanhamento do “Programa Indústria 4.0” (Pi4.0), cujos objetivos são: “acelerar a incorporação dos conceitos e da prática da Indústria 4.0 nas empresas, dar visibilidade internacional ao setor das empresas portuguesas que têm tecnologias para esse efeito e promover o país como localização competitiva para o investimento em projetos de inovação” (COTEC, 2017). Este plano contempla atividades como: implementação de uma estratégia nacional para a digitalização da economia; Legal e Normativa; Segurança Informática;⁹ entre outros.

Um ponto fundamental do Pi4.0 passa pela coordenação e gestão da “Plataforma Portugal Indústria 4.0”. Esta plataforma surge da colaboração entre a COTEC e a COMPETE2020, com o propósito de “qualificar as PME nacionais para forma a vencer os desafios do paradigma da Indústria 4.0, tendo como objetivo central colmatar lacunas e deficiências na incorporação de conceitos e tecnologias característicos da 4ª revolução industrial, contribuindo para reforçar competências de gestão e inovação e assim a respetiva competitividade” (COMPETE2020).¹⁰

A consequência do desenvolvimento da indústria 4.0 não é apenas momentâneo. Assim como no passado com a integração das revoluções antecedentes, deve-se desenvolver um trabalho capaz de ampliar e diversificar os esforços futuros. No decorrer do COTEC Europe Summit 2018, durante o debate “*Work 4.0 - Rethinking the Human-Technology Alliance*”, cada representante demonstrou diversos contributos. A “COTEC Espanha focou-se na educação, a COTEC Itália na convergência tecnológica e no seu impacto na economia circular e a COTEC

⁸ Resultado da iniciativa do Presidente da República Portugal, Presidente da República Itália e Rei de Espanha, em 2003, cuja missão é promover a inovação, aproximação das empresas ao ecossistema científico, promover a inovação como motor de crescimento e respectivo crescimento das exportações.

⁹ A COTEC visa criar um laboratório com o objetivo de identificar e sensibilizar empresas dos riscos provenientes da integração digital das cadeias de valor, pretende-se desenvolver novos modelos de resiliência governamental e, por fim, um plano estratégico de cyber-segurança (COTEC, 2017).

¹⁰ A plataforma conta também com a participação e patrocínio de várias empresas nacionais e internacionais, como o CeiiA, CTT, Deloitte, Frulact, Glintt, entre outros. O projeto cofinanciado pelo COMPETE 2020 “envolveu um investimento elegível de 3,5 milhões de euros, correspondendo a um incentivo FEDER (Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional) de 2,9 milhões de euros.” (COMPETE2020).

Portugal focou-se em lançar as bases para uma visão informada da indústria 4.0, das variáveis que estão em ação e dos possíveis impactos no futuro do trabalho.” (COTEC 2018). O *Work 4.0* implica a qualificação urbana e sustentabilidade efetiva, bem como serviços públicos digitalizados inteligente, que reforçam a necessidade da alocação efetiva de recursos públicos, geradores de informação/dados cruciais para as tomadas de decisão corporativas e governamentais. Baseando-nos na cidade do Porto,¹¹ há um investimento constante em programas e serviços orientados às *smart cities*,¹² nomeadamente do *rebranding* e reestruturação da CMP (Câmara municipal do Porto) e criação do “Porto.”. Estas iniciativas deram origem a plataformas como “Visit Porto” (plataforma online dedicada ao turismo), proliferação de *coworking spaces*¹³ que promovem *networking* e parcerias entre as empresas e organizações) ou ainda a criação de um *cluster* tecnológico, o NORTINOV (Guerra et al., 2017, p. 134) (Anexo 3).

¹¹ O estudo da IESE Cities in Motion Index 2019 investigou o grau de desenvolvimento de 174 cidades com base na capacidade e adequação de *smart cities*. Nessa lista, a cidade do Porto ocupa a 91ª posição.

¹² “A smart city is a creative city where technology is within everyone’s reach, promoting citizenship, a sustainable development and the general improvement of the living conditions of the inhabitants.” (Guerra et al., 2017, p. 131).

¹³ Espaços com rendas a preços acessíveis para *start-ups*, PMEs ou Investimento direto estrangeiro, como: Criação de subsidiárias a 100% ou centros de *nearshore*, em Portugal, que funcionam como extensões de empresas-mãe localizadas além-fronteiras.

3. Setor de serviços das TIC: abordagem e fatores externos

Esta secção surge com o objetivo de conhecer quais os fatores macroeconómicos capazes de influenciar o setor dos serviços das TIC, em Portugal. Em paralelo, é importante avaliar a possibilidade do investimento em áreas fulcrais poder intensificar, ou não, a especialização tecnológica das empresas. Sendo este o objetivo da investigação em curso, é possível definir a exportação de serviços de TIC, em Portugal, como variável explicada. Segundo Sahoo e Dash (2014), as principais determinantes teóricas relevantes são o Investimento Direto Estrangeiro (IDE), exportação de bens, investimento em infraestruturas e capital humano. As análises das séries temporais servem como ponto de partida para o modelo econométrico e respetivas estimações, apresentados no próximo capítulo.

Na secção, a informação está estruturada da seguinte forma: a subsecção 3.1 serve para apresentar as determinantes fundamentais que impactam a variável explicada. As subsecções 3.2 e 3.3 servem de reflexão à situação atual do país através da análise das variáveis explicadas. Na secção 3.4 apresenta-se em detalhe a sua evolução ao longo do tempo. Reservou-se a secção 3.5 para enfatizar o mercado tecnológico na área metropolitana do Porto (A.M. Porto).

3.1. Determinantes da exportação de serviços das TIC

Muitos são os estudos que acerca da exportação de serviços, produtos de alta tecnologia e de TIC. Com base na revisão de literatura, é possível identificar um leque de variáveis das quais as exportações desses bens e serviços depende. Tendo por base o estudo realizado por Sahoo e Dash (2014) sobre a exportação de serviços destacam-se as seguintes variáveis: o capital humano, a procura mundial, o investimento público, IDE, as infraestruturas e a qualidade das instituições.

Investimento direto estrangeiro. O IDE influencia as determinantes do lado da oferta e tem um papel potenciador na penetração de mercado (De Gregorio, 1992). Este é promotor de novas tecnologias e conhecimento, que tornam possível aceder a novos mercados (Zhang, 2007). Segundo Sahoo e Dash (2014, p. 1087), o “IDE pode contribuir para o crescimento das exportações se visar explorar os mercados de exportação, explorando a vantagem competitiva do país ... contribui positivamente para o crescimento económico”, pelo que é possível inferir que o IDE é significativo para as exportações de serviços e produz um efeito positivo nas mesmas.

Exportação de bens. As exportações permitem aumentar a produção e, consecutivamente, os ganhos com economia de escala. Um aumento da exportação de mercadorias está diretamente associado à procura de serviços, devido ao *network effect* (Sahoo e Dash, 2014). Verifica-se que produtos intensivos em conhecimento como transportes, comunicações na produção industrial, e alta tecnologia estão positivamente correlacionados com a internacionalização.¹⁴ Ora, por exemplo, as contribuições de Samen (2010) e Mishra et al. (2011) mostram que as exportações contribuem positivamente para o crescimento da economia.

Capital Humano. O setor dos serviços depende criticamente da qualidade e quantidade de escolaridade e força de trabalho saudável, destacando o papel fundamental do capital humano para o setor dos serviços (Shingal, 2010). Segundo o estudo empírico de Sahoo e Dash (2014, p. 1088) “o capital humano está positivamente relacionado com a capacidade de exportação da economia doméstica”.

Infraestrutura. A infraestrutura informática e de comunicação é um dos principais fatores da capacidade de oferta de serviços, onde se incluem variáveis importantes como equipamentos, acesso a internet, volume de equipamentos, e linhas telefónicas (Sahoo e Dash, 2014). O papel das atividades tecnológicas está positivamente relacionado com o crescimento das exportações (Montobbio and Rampa, 2005). Segundo Lall (2000), a tecnologia teve um papel predominante na determinação dos padrões do comércio. É possível inferir que o investimento nas TIC é uma fonte capaz de gerar inovação e desenvolvimento.

Quanto às conclusões dos estudos realizados, é possível tirar ilações acerca das variáveis fundamentais à investigação. De forma a exponenciar a exportação de serviços é crucial desenvolver infraestruturas de TIC, “centros de aprendizagem”, “fortalecer o capital humano” e de “atrair IDE” (Sahoo e Dash, 2014, p.1098). A aposta em desenvolvimento de capital humano, representado pelo aumento mão-de-obra qualificada, juntamente com IDE e aposta no crescimento da qualidade de infraestruturas de telecomunicações e *software* representam um papel predominante no crescimento das PME's. Este estudo serve transversalmente os vários países intensivos em tecnologia.

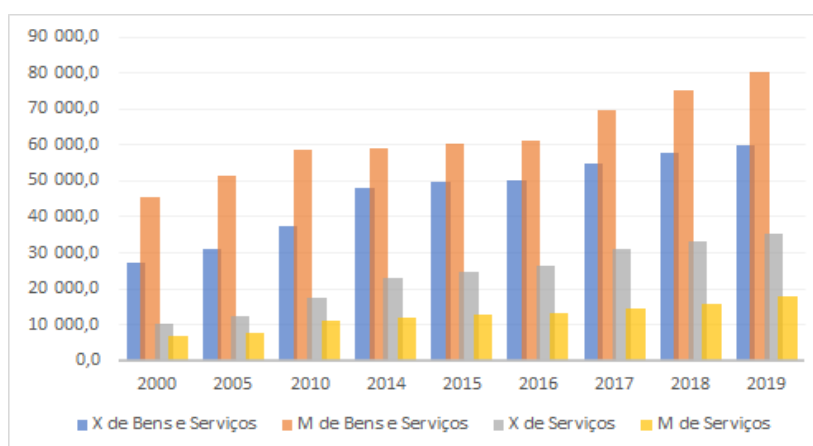
¹⁴ Considera-se produtos de alta tecnologia aqueles que são intensos em Investigação e Desenvolvimento.

3.2. Portugal e o contexto económico e social

Uma análise macro sobre o país permite identificar que a balança de bens e serviços é deficitária, na medida em que as importações são superiores às exportações. Em 2000, Portugal exportava cerca de 27 215 milhões de euros e importava 42 706 milhões de euros, comparativamente ao ano de 2019, previu-se atingir uma exportação de 59 900 milhões de euros e importar 80 272 milhões de euros.

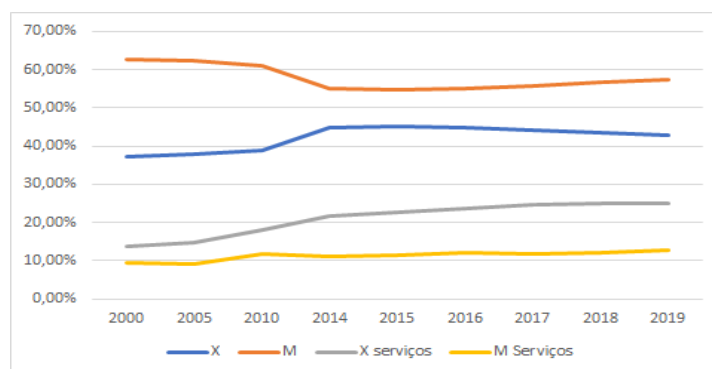
Uma parte das exportações e importações diz respeito ao mercado dos serviços. Considerando os últimos 20 anos, ao invés das exportações e importações totais, Portugal sempre apresentou um valor de exportações de serviços superior às importações. Em 2019, Portugal exportou 35 269 milhões de euros em serviços, ou seja, 3 vezes superior ao valor de 2000. Ambos os valores crescem ao longo do período, apresentando um diferencial cada vez maior, tornando notória a especialização do país no mercado dos serviços.

Figura 3.1: Exportação e Importação Total e de Serviços, em milhões de € [2000; 2019]



De destacar o peso das exportações (X) e importações totais (M) e das exportações e importações de serviços (Xserviços e Mserviços, respectivamente) no total do comércio internacional (X+M), onde as exportações de serviços representam mais de 25% do comércio internacional, em 2019, duas vezes superior ao valor das importações.

Figura 3.2- Exportação e Importação Total e de Serviços, em % do Comércio Internacional [2000; 2019]



Com base na informação anterior, é pertinente analisar o posicionamento de Portugal ao nível dos indicadores de comércio internacional. No que se refere ao grau de abertura (GA),¹⁵ o valor varia entre 56,79% e 66,02%, nos períodos de 2000 a 2019. Era expectável que este valor fosse considerável pois, o comércio internacional tende a ser fundamental para pequenos países. Segundo Forte (2011), “o comércio internacional tende a ser mais importante (maior GA) para os países pequenos (em termos de dimensão geográfica ou população e cercados por países vizinhos com regimes de comércio livre) do que para países grandes (relativamente autossuficientes ou geograficamente isolados e penalizados por elevados custos de transporte)”. O Saldo Comercial (SC)¹⁶ é negativo ao longo de toda a análise temporal, pelo que consideramos um défice comercial das trocas comerciais. Se analisarmos a taxa de cobertura global,¹⁷ em termos comparativos, o indicador mostra o dinamismo relativo entre as importações e exportação. Para o período em análise, os valores são inferiores a 1 (ou 100%, caso devidamente expressa em percentagem) indicando um posicionamento fraco ou de dependência comercial. Este indicador pode ser desagregado pelo nível de produto/setor.

¹⁵ GA: Grau de abertura mede o peso das relações de carácter internacional o exterior, ou seja, valores elevados representam uma economia aberta ao exterior e interdependente. (Africano, et al., 2018) valor da produção realizada pelo país.

¹⁶ SC: Saldo comercial indica se as trocas comerciais com o exterior geram, em termos líquidos, receitas ou despesas (Africano, et al., 2018).

¹⁷ Tx. Cobertura Global: Valor ou percentagem das importações que é coberta pelas exportações. (Africano, et al., 2018).

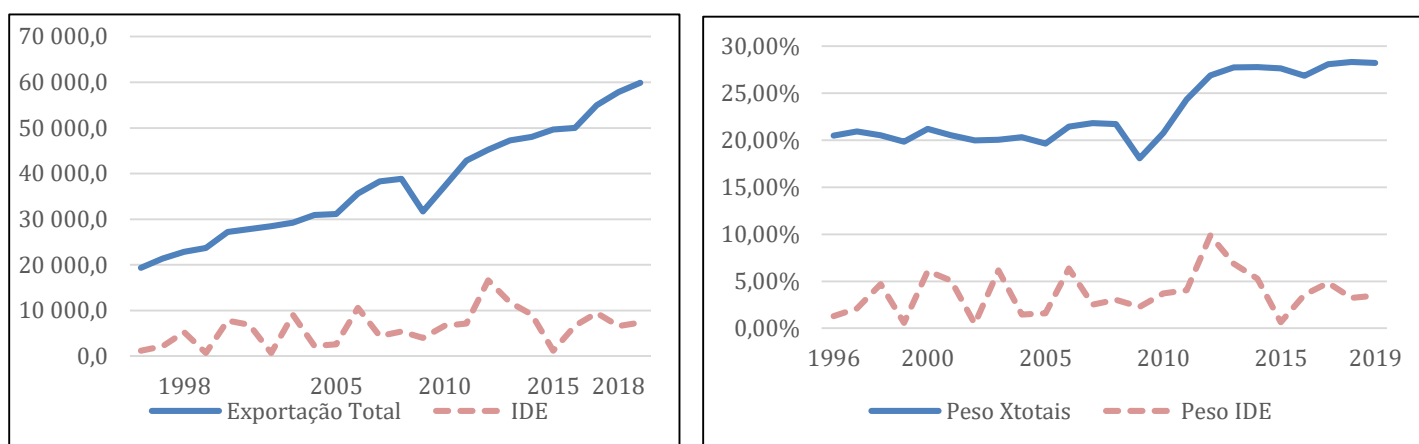
Quando analisamos a taxa de cobertura do setor dos serviços, para o mesmo período, o valor apresentou-se sempre superior a 1, o que sugere uma especialização do setor, pois as exportações sempre foram superiores às importações.

3.3. Análise das Séries

Motivado pela crescente evolução, o peso das exportações totais no PIB tende a aumentar ao longo do período, com exceção do ano 2009. Atualmente, as exportações representam cerca de 29% do PIB. O peso do IDE no PIB atinge o valor máximo de 10%, em 2012, sendo que atualmente é de apenas 3,5%. Estes valores vêm confirmar que as exportações têm um peso muito superior ao IDE.

Figura 3.3: Exportação total e IDE, em milhões de €, 1996-2019

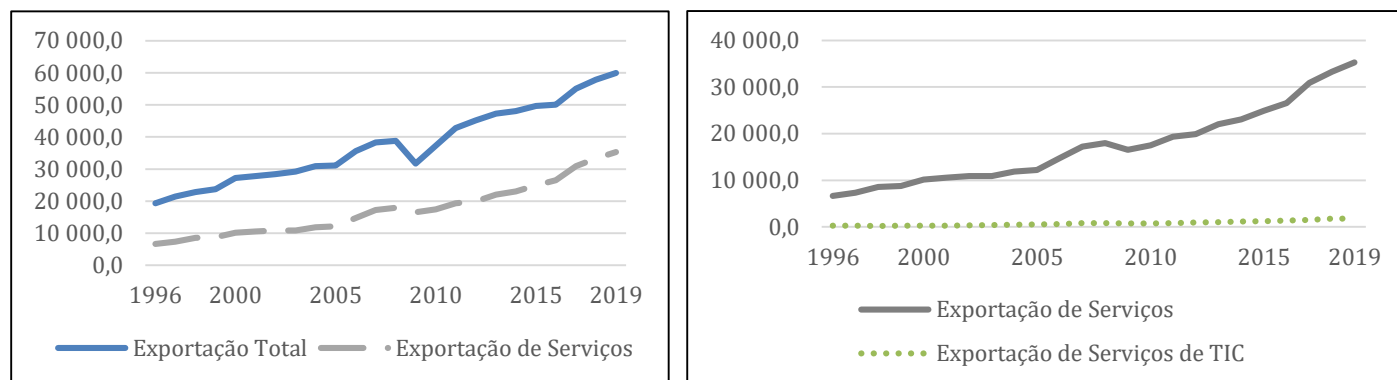
Figura 3.4: Peso da exportação e IDE no PIB, em %, 1996-2019



As figuras abaixo refletem a análise comparativa da exportação de serviços com as exportações totais (figura 3.5) e com a exportação de serviços de TIC (figura 3.6), medido em milhões de euros. As exportações totais apresentam um crescimento constante à exceção dos anos 2009 e 2010, possivelmente motivada pela crise e crescem de 19 323 milhões de euros para 57 850 milhões de euros, no ano de 2018. As exportações de serviços crescem a um ritmo mais acelerado que a exportação total, onde registam um crescimento de 6 651 milhões de para 33 308 milhões de euros, no decorrer da série temporal.

Figura 3.5: Exportação total e de serviços, em milhões de €, 1996-2019

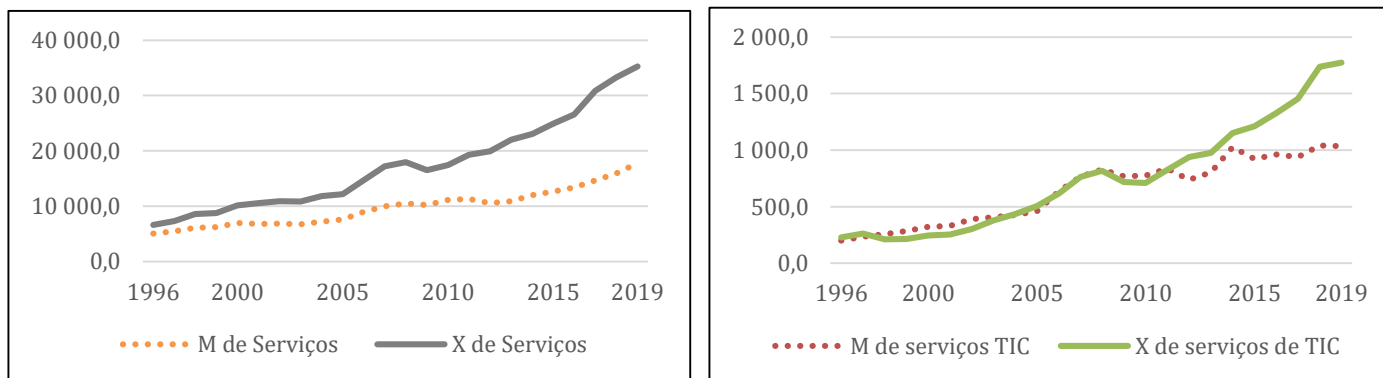
Figura 3.6: Exportação de serviços e de serviços de TIC, em milhões de €, 1996-2019



Como apresentado anteriormente, as exportações de serviços tendem a ser superiores às importações. No início do período os valores de importação e exportação de serviços são muito próximos, e tendem a divergir ao longo do período, onde a taxa de crescimento das exportações de serviços é substancialmente superior. Relativamente aos serviços de TIC o momento de inflexão acontece em 2009, onde as exportações superaram as importações e crescem a uma taxa de crescimento médio de 11%, já as importações crescem a um ritmo médio de 4%.

Figura 3.7: Exportação e Importação de serviços, em milhões de € [1996; 2019]

Figura 3.8: Exportação e Importação de serviços de TIC, em milhões de € [1996; 2019]



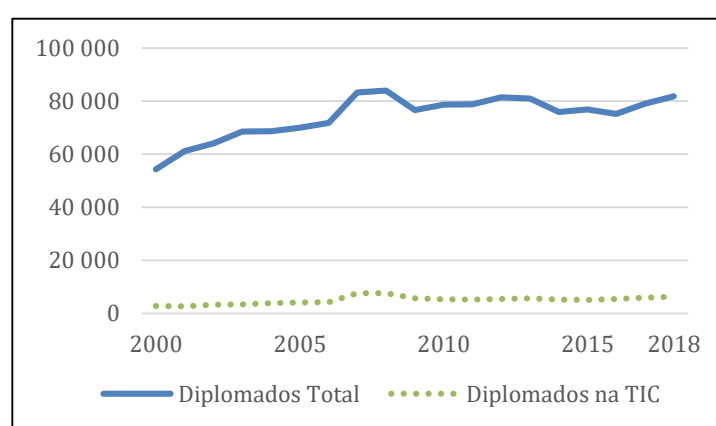
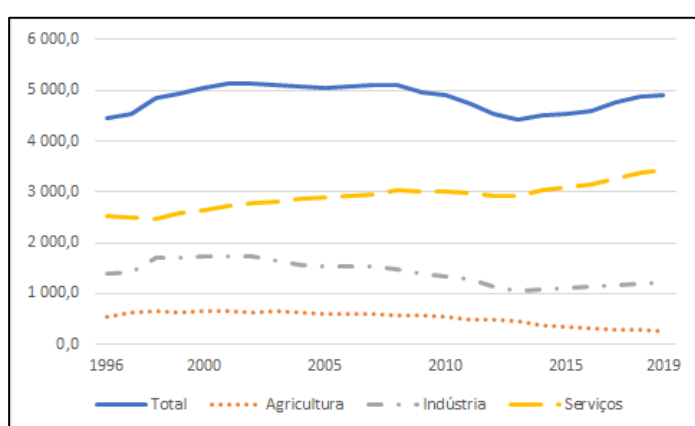
O capital humano é umas das variáveis consideradas na literatura para explicar a exportação de serviços (Sahoo e Dash, 2014), e pode ser representado pelo número de diplomados, pela despesa pública em educação ou pela força de trabalho de educação elevada (ensino superior). A figura 3.9 mostra o emprego total e a sua representatividade ao nível dos 3 setores de atividade. Atualmente existem 4 913 milhares de empregos. Motivada pela transferência de conhecimento e introdução de automação em serviços rotineiros, substituindo

a mão-de-obra pelas máquinas, assistimos a um aumento do número de população empregada nos serviços e decréscimo do emprego na indústria,

Relativamente à educação, é de salientar o contínuo aumento do número de diplomados e número de diplomados das TIC. Nos últimos 18 anos, os valores cresceram de 2800 para 6200 e, atualmente, representam 7,65% do número total de diplomados. A força de trabalho aumentou no setor dos serviços, contudo, devemos perceber se a mesma se traduziu num aumento da mão-de-obra qualificada.

Figura 3.9: Volume de emprego total e nos 3 setores de atividade, em milhares de pessoas/vagas [1996; 2019]

Figura 10: Número de diplomados totais e nas áreas das TIC [2000; 2019]



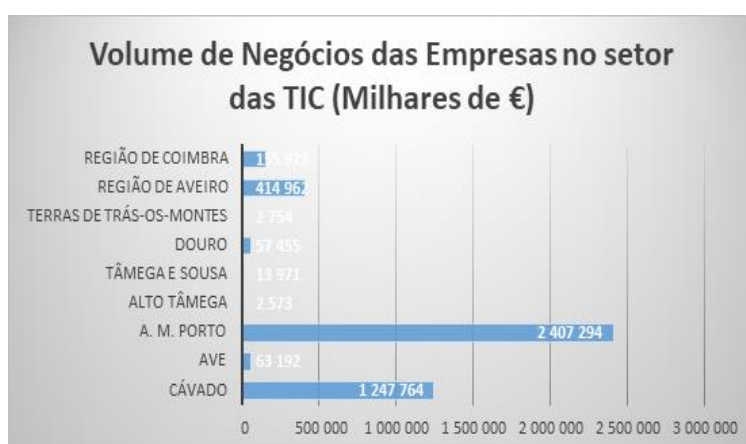
3.4. Caracterização do mercado tecnológico português

Esta investigação serve para analisar o impacto das TIC no setor dos serviços. Em 2019, segundo o GEE, a percentagem de emprego no setor dos serviços (face ao número de emprego total) era de aproximadamente 70% (Anexo 6), inferior à média europeia de 73%. No setor de serviços de TIC, Portugal apresenta apenas 1,97% dos empregos no setor das TIC, afirmando-se como o 2º pior país da União Europeia, apenas à frente da Grécia (Eurostat, em 2017, anexo 7). Países como a Suécia ou o Luxemburgo apresentam o dobro do valor de Portugal, ou seja, 4% dos empregos nesses países são no setor das TIC.

Em Portugal, o número nascimentos de empresas dos setores de alta e média-alta tecnologia é dominante nas áreas metropolitanas de Lisboa e do Porto, e na região de Aveiro (Anexo 9). Atualmente, o setor das TIC conta com 15 333 empresas, o que representa apenas 1,23% do número total de empresas. As áreas metropolitanas de Lisboa e Porto representam 7 114 e 2 770 empresas, respetivamente, o que representa cerca de 65% do número total de

empresas no setor das TIC (Anexo 10). A totalidade das empresas faturam 371 477 802 milhares de euros. As empresas no setor das TIC, em Portugal Continental, apresentam um volume de faturação de 15 236 489 milhares de euros. A área metropolitana do Porto, com um total de 2 770 empresas nas TIC, apresenta um volume de faturação de 2 407 294 milhares de euros, dando origem a 15,8% do total de faturação das empresas na TIC em Portugal continental (Anexo 11). As 2 770 empresas nas TIC, na A.M. do Porto representam cerca de 17% do número total de pessoas a trabalhar nas TIC em Portugal Continental (Anexo 12), segundo fonte do INE.

Figura 3.11: Volume de Empresas no setor das TIC, em milhares de €, em 2017



4. Metodologia, estimação e análise de resultados

Neste capítulo, a metodologia da análise de cointegração e a dos modelos dinâmicos é aplicada ao estudo da influência da Indústria 4.0 nos padrões de especialização das empresas tecnológicas, em Portugal. Na subsecção 4.1 define-se o modelo autoregressivo de defasamentos distribuídos ou *Autoregressive Distributed Lag* (ARDL). Na subsecção 4.2 especifica-se o modelo ARDL geral que serve o objetivo principal deste estudo, identificando a velocidade de ajustamento (va) e os impactos de longo prazo bem como, o modelo de correção de erro ou *Error Correction Model* (ECM). Na subsecção 4.3 definem-se as variáveis usadas na construção dos modelos e respetivas particularidades, nomeadamente Capital Humano, IDE e Investimento em TIC, apresentando-se, adicionalmente, as principais estatísticas descritivas. Na subsecção 4.4 apresentam-se os diferentes modelos estimados e interpretam-se os resultados dos ajustamentos escolhidos. Por último, a subsecção 4.5 expõe algumas conclusões.

4.1. O modelo ARDL

O modelo ARDL de ordem p , designado por $ARDL(p)$, em que p representa o número máximo de defasamentos das variáveis, considerando apenas uma variável explicativa, pode ser escrito da seguinte forma:

$$Y_t = \alpha + \delta_0 X_t + \delta_1 X_{t-1} + \dots + \delta_p X_{t-p} + \theta_1 Y_{t-1} + \theta_2 Y_{t-2} + \dots + \theta_p Y_{t-p} + u_t, \quad (4.1)$$

onde Y é a variável explicada, X representa a variável explicativa, α é o termo independente de curto prazo, δ_0 é o impacto de curto prazo da variável explicativa na variável dependente, δ_1 a δ_p são os coeficientes de regressão associados aos defasamentos da variável explicativa, $\sum_{m=1}^p \theta_m$ representa a taxa de decréscimo dos efeitos da variável explicativa sobre a variável explicada, sendo que $1 - \sum_{m=1}^p \theta_m$ serve para determinar a velocidade de ajustamento (va),¹⁸ u_t são os termos de perturbação. Este modelo foi desenvolvido por Pesaran e Shin (1998) e continuamente melhorado por Pesaran *et al.* (2001), entre outros.

Esta especificação dinâmica assume que os agentes económicos ajustam os valores atuais de Y , em parte como resposta a alterações correntes nas variáveis explicativas e noutra parte em resposta ao desequilíbrio observado em períodos passados, por forma a manter a relação de equilíbrio de longo prazo. Assim, o modelo permite obter os efeitos dinâmicos de

¹⁸ A velocidade de ajustamento corresponde à percentagem de ajustamento total, no decorrer do período corrente.

curto e longo prazo das variáveis explicativas sobre a variável explicada e da própria variável explicada desfasada no tempo, sobre si mesma. Os coeficientes de regressão associados às variáveis do período corrente, o ECM (Mecanismo de Correção dos Erros),¹⁹ primeiramente exposto por Davidson et al. (1978), medem os impactos de curto prazo dessas variáveis na variável explicada; já a soma dos coeficientes do período corrente e de todos os desfasamentos de cada variável, ponderada pela velocidade de ajustamento, permite medir o impacto de longo prazo respetivo na variável dependente.

Para validar a relação de longo prazo entre a variável dependente e as variáveis explicativas é necessário verificar a estacionariedade²⁰ da série de erros de correção resultantes do modelo de longo prazo. Se esta série for estacionária então existe pelo menos um vetor cointegrado entre a variável dependente e as suas determinantes, isto é, existe uma relação de longo prazo válida entre o peso das exportações de serviços de TIC no PIB, em Portugal e as suas variáveis explicativas (Engle e Granger, 1991), ficando arredada a possibilidade de ser espúria a relação de longo prazo das exportações de serviços de TIC no PIB com as suas determinantes dada pelo modelo ARDL.

4.2 O modelo dinâmico das exportações de serviços das TIC

A variável dependente é o peso das exportações dos serviços de TIC no PIB,²¹ com foco no setor tecnológico em Portugal. Toda a informação necessária foi recolhida nas bases de dados do Banco Mundial, OCDE, Pordata, Penn World Table e publicações periódicas do Instituto Nacional de Estatística (INE). As determinantes principais são o capital humano, o IDE e investimento em infraestrutura. É relevante considerar os efeitos da crise financeira global de 2008.²²

¹⁹ Mecanismo de ajustamento de curto prazo.

²⁰ A estacionariedade significa que a série temporal se desenvolve no tempo de forma aleatória ao redor de uma média constante, refletindo estabilidade de longo prazo.

²¹ “A exportação de bens e serviços consiste nas transações de bens e serviços de residentes para não residentes. A exportação de bens verifica-se quando há transferências de propriedade económica de bens entre residentes e não residentes (quer se verifiquem ou não os correspondentes movimentos físicos de bens através das fronteiras). A exportação de serviços abrange todos os serviços prestados por residentes a não residentes.” (PORDATA, 2019-metainformação).

²² A crise de 2008 teve efeitos notórios na economia portuguesa entre 2008 e 2012 (Santana et al., 2015).

A relação entre a variável explicada e as suas determinantes, considerando o máximo de dois desfasamentos, pode ser representada pelo seguinte modelo ARDL:

$$\ln Exp_TIC_t = \alpha + \sum_{j=0}^2 \beta_j \ln Edu_{t-j} + \sum_{j=0}^2 \delta_j \ln IDE_{t-j} + \sum_{j=0}^2 \psi_j \ln Spenc_{t-j} + \sum_{j=0}^2 \omega_j \ln Sec_{t-j} + \sum_{j=0}^2 \gamma_j \ln TIC_{t-j} + \phi CRISE_t + \sum_{j=1}^2 \theta_j \ln Exp_TIC_{t-j} + u_t, \quad (4.2)$$

em que a variável explicada $\ln Exp_TIC$ é o logaritmo natural do rácio das exportações de serviços de TIC, em Portugal, em função do PIB, no período corrente; a variável $\ln Edu$ é o logaritmo natural do rácio do investimento público em educação, em Portugal, sobre o PIB; a variável $\ln IDE$ é o logaritmo natural do rácio do IDE sobre o PIB; a variável $\ln Spenc$ é o logaritmo natural do emprego nos serviços sobre o PIB; a variável $\ln Sec$ é o número de servidores de internet seguros, por milhão de habitante sobre o PIB; variável $\ln TIC$ é o logaritmo natural do rácio do investimento em TIC sobre o PIB; variável $CRISE$ é uma *dummy* referente aos anos da crise global no período [2008-2012] onde assume o valor 1 e 0 fora desse período; u_t são os termos de perturbação aleatórios. Relativamente aos coeficientes, os símbolos β , δ , ψ , γ , ω e ϕ representam os coeficientes das variáveis independentes, α é representativa do termo independente e θ está associado aos desfasamentos da variável explicada, cuja soma serve para explicar a velocidade de ajustamento, dada por:

$$va = 1 - \sum_{j=1}^2 \theta_j, 0 < \theta < 1 \quad (4.3)$$

Da equação acima, através dos coeficientes das variáveis explicativas, podemos inferir os impactos de curto e longo prazo. Assim, os coeficientes no momento t (período corrente), medem os efeitos de curto prazo, por sua vez, o rácio da soma dos coeficientes de cada variável pela velocidade de ajustamento mede o efeito de longo prazo dessa variável na variável explicada. Podem ser obtidos os impactos de longo prazo da seguinte forma:

$$\begin{aligned} - \text{ Efeito de longo prazo de } \ln Edu: \beta_{LP} &= \frac{\sum_{j=0}^2 \beta_j}{1 - \sum_{j=1}^2 \theta_j}; \\ - \text{ Efeito de longo prazo de } \ln IDE: \delta_{LP} &= \frac{\sum_{j=0}^2 \delta_j}{1 - \sum_{j=1}^2 \theta_j}; \\ - \text{ Efeito de longo prazo de } \ln Spenc: \psi_{LP} &= \frac{\sum_{j=0}^2 \psi_j}{1 - \sum_{j=1}^2 \theta_j}; \\ - \text{ Efeito de longo prazo de } \ln Sec: \omega_{LP} &= \frac{\sum_{j=0}^2 \omega_j}{1 - \sum_{j=1}^2 \theta_j}; \\ - \text{ Efeito de longo prazo de } \ln TIC: \gamma_{LP} &= \frac{\sum_{j=1}^2 \gamma_j}{1 - \sum_{j=1}^2 \theta_j}; \end{aligned} \quad (4.4)$$

Uma vez que a crise apenas tem efeito de curto prazo, não se mede o efeito de longo prazo de ϕ . Contudo o efeito de curto prazo da crise é medido pela seguinte forma:

$$(e^\phi - 1) \times 100 \quad (4.5)$$

O resultado do crescimento económico de longo prazo da exportação de serviços de TIC pode ser representado por:

$$\begin{aligned} \ln \text{Exp_TIC}_t = & \alpha_{LP} + \beta_{LP} \ln \text{Edu}_t + \delta_{LP} \ln \text{IDE}_t + \Psi_{LP} \ln \text{Sperc}_t + \omega_{LP} \ln \text{Sec}_t + \\ & + \gamma_{LP} \ln \text{TIC}_t + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (4.6)$$

onde ε_t é designado por “erro de correção” ou “erro de equilíbrio”, originário do modelo de correlação do erro (ECM). Segundo, Davidson *et al.* (1978), o ECM permite o ajustamento sistemático, sempre que a variável explicada sofra um choque aleatório, sendo que o erro de correção (ε_t), é resultado da seguinte equação:

$$\begin{aligned} \varepsilon_t = & \ln \text{Exp_TIC}_t - (\alpha_{LP} + \beta_{LP} \ln \text{Edu}_t + \delta_{LP} \ln \text{IDE}_t + \Psi_{LP} \ln \text{Sperc}_t + \omega_{LP} \ln \text{Sec}_t + \\ & + \gamma_{LP} \ln \text{TIC}_t) \end{aligned} \quad (4.7)$$

4.3. Apresentação e interpretação dos resultados de estimação

A Tabela 4.1 representa os resultados das estimações dos modelos dinâmicos alternativos: Ajustamento A é referente ao modelo ARDL de ordem 2 e representa o modelo inicial. Em seguida, estimamos vários modelos com diferentes estruturas, usando o critério de informação de Akaike (AIC)²³ para escolher a melhor especificação para a estrutura, que dá origem ao Ajustamento B. A estimação da especificação dinâmica dos padrões de especialização do setor tecnológico, em Portugal baseia-se na metodologia “*general-to-specific*”.²⁴ Esta metodologia tem por base a estimação de modelos com todas as variáveis e com o máximo de defasamentos possíveis e, posteriormente, a eliminação sequencial de variáveis que não cumpram os requisitos teóricos (entenda-se, que não tenham significância estatística), até se encontrar um modelo teoricamente consistente e parcimonioso.

²³ Número máximo de defasamentos.

²⁴ Especificação de Hendry, 1995.

Esta metodologia dá origem à seguinte equação final:

$$\ln \text{Exp_TIC}_t = \alpha + \sum_{j=0}^2 \beta_j \ln \text{Edu}_{t-j} + \delta \ln \text{IDE}_{t-2} + \sum_{j=1}^2 \gamma_j \ln \text{TIC}_{t-j} + \phi \text{CRISE}_t + \sum_{j=1}^2 \theta_j \ln \text{Exp_TIC}_{t-j} + u_t. \quad (4.8)$$

Por fim, o Ajustamento C, referente à equação (4.8), apenas considera as variáveis estatisticamente significativas e representa uma coerência teórica e melhor qualidade estática.

A presente tabela é constituída por: as estimativas do coeficientes de regressão, bem como, os respetivos desvios-padrão.²⁵ Posteriormente, é apresentado a qualidade estatística da regressão através do coeficiente de determinação ajustado ($\overline{R^2}$) a significância global da regressão (Estatística Wald-F), o teste à presença de autocorrelação de Breusch-Godfrey (1980), o teste RESET de Ramsey (1969), para a verificação de inadequações na especificação adotada e o teste de Jarque e Bera (1987) que afere a normalidade da distribuição das perturbações aleatórias.

²⁵ Os símbolos *, ** e *** designam a significância estatística das variáveis a 1%; 5% e 10% respetivamente.

Tabela 4.1: Resultados da estimação dos modelos ARDL para a variável dependente lnExp_TIC

	Ajustamento A ARDL (2,2,2,2,2,2)	Ajustamento B ARDL (2,2,2,0,2,0)	Ajustamento C
constante	-30,2385 (19,5700)	-10,0768 (8,6364)	-11,5941* (0,7258)
ln Exp_TIC(-1)	0,7321 (0,5605)	0,5242 ** (0,1493)	0,6401* (0,0505)
ln Exp_TIC(-2)	0,4546 (0,8086)	0,2602 (0,1609)	0,2251* (0,0495)
ln Edu	-0,1828 (0,8603)	-0,7162* (0,0799)	-0,6796* (0,0875)
ln Edu(-1)	0,7604 (0,7090)	0,5683** (0,1723)	0,6599* (0,1315)
ln Edu(-2)	0,8305 (0,3750)	0,9499* (0,1394)	1,0144* (0,0906)
ln IDE	0,0337 (0,0258)	0,0272 (0,0217)	
ln IDE(-1)	0,0264 (0,0094)	0,0142 (0,0141)	
ln IDE(-2)	0,0489 (0,0109)	0,0446* (0,0094)	0,0364** (0,0123)
ln Spere	-0,5897 (0,8449)	-0,1780 (1,1255)	
ln Spere(-1)	1,5970 (2,5919)		
ln Spere(-2)	1,3883 (0,8299)		
ln TIC	-0,2051 (0,0621)	-0,0922 (0,1450)	
ln TIC(-1)	0,2284 (0,6188)	0,5434*** (0,1467)	0,4179* (0,0397)
ln TIC(-2)	-0,4373 (0,2598)	-0,1449*** (0,0682)	-0,2052** (0,0848)
ln Sec	0,1682 (1,6348)	-0,4824 (0,6785)	
ln Sec(-1)	1,8319 (2,4667)		
ln Sec(-2)	1,0848 (2,0673)		
Crise	-0,1377 (0,1142)	-0,2061** (0,0866)	-0,1559* (0,0159)

R2 ajustado	0,9879	0,9941	0,9936
Estística Wald-F <i>p-value</i>	4506,8647 (0,0002)	1323,5107 (0,0000)	1364,9673 (0,0000)
Teste Breusch-Godfrey <i>p-value</i>	11,4326 (0,0007)	0,2707 (0,6251)	0,0002 (0,9892)
Teste RESET <i>p-value</i>	9,1463 (0,2033)	5,5307 (0,0654)	0,7364 (0,4109)
Teste Jarque-Bera <i>p-value</i>	11,5082 (0,0032)	1,7993 (0,4067)	3,8833 (0,1434)

Os valores das estatísticas de teste são seguidos pelos valores do *p-value*.²⁶ Considerando um nível de significância α , se $p\text{-value} < \alpha$ rejeita-se a hipótese nula, por sua vez, se $p\text{-value} \geq \delta$, não se rejeita a hipótese nula. Considerando o ajustamento final, podemos aferir que, para um nível de significância de 1%, a regressão é globalmente significativa, segundo o valor amostral da estatística Wald-F.²⁷ No que concerne aos outros testes, concluímos que há ausência de autocorrelação, uma vez que as hipóteses nulas não são rejeitadas para um nível de significância de 1% ($p\text{-value} > 0,01$).

Retomando à equação (4.3), podemos concluir que o valor da estimativa da velocidade de ajustamento é:

$$\hat{v}a = 1 - (0,6401 + 0,2251) = 0,1348 \quad (4.9)$$

e pode concluir-se que após choques de curto prazo, relativamente ao ajustamento para o equilíbrio da variável explicada ($\ln Exp_TIC$), 13,48% do ajustamento é explicado no ano corrente. Assim nos períodos subsequentes, são processados 86,52% do ajustamento.

Relativamente às estimativas impactos de longo prazo das variáveis $\ln Edu$, $\ln IDE$ e $\ln TIC$, nas exportações de serviços das TIC, obtêm-se o seguinte:

$$\text{- Estimativa de longo prazo de } \ln Edu: \hat{\beta}_{LP} = \frac{(-0,6796 + 0,6599 + 1,0144)}{0,1348} = 7,3791$$

$$\text{- Estimativa de longo prazo de } \ln IDE: \hat{\delta}_{LP} = \frac{0,0364}{0,1348} = 0,2700$$

$$\text{- Estimativa de longo prazo de } \ln TIC: \hat{\gamma}_{LP} = \frac{(0,4179 - 0,2052)}{0,1348} = 1,5779$$

$$\text{- Efeito de curto prazo da Crise: } (e^{-0,1559} - 1) \times 100 = -14,4355\%$$

²⁶ O *p-value* representa o menor nível de significância para o qual se rejeita a hipótese nula.

²⁷ Resultado da comparação entre a estimativa de verossimilhança máxima do parâmetro com o desvio-padrão do erro, rejeitando a hipótese nula.

Tabela 4.2: Estimativas dos efeitos de curto e longo prazo

Estimativa	Efeito de Curto Prazo	Efeito de Longo Prazo
Elasticidade Exp_TIC de EDU	-0,6796	7,3791
Elasticidade Exp_TIC de IDE	Não é significativo	0,2700
Elasticidade Exp_TIC de TIC	Não é significativo	1,5779
Diferença entre as taxas de crescimento discretas das Exp_TIC nos períodos em que a Crise=1 e Crise=0	-14,4355%	Não é significativo

No que respeita ao peso do investimento em educação, no PIB, impacto estimado no curto prazo é de -0,6796%, logo, uma variação positiva de 1% na variável explicativa origina uma variação negativa de quase 0,7% na variável explicada, mantendo tudo o resto contante. Já no longo prazo, o impacto estimado desta variável no PIB, é positivo, onde o aumento de 1% tem um efeito estimado de aproximadamente 7,40% no peso das exportações de serviços de TIC no PIB, *ceteris paribus*.

O impacto de curto prazo das restantes variáveis não é estatisticamente relevante. Quanto à variável do IDE, uma variação positiva de 1% do peso do IDE traduz-se no aumento de 0,27% na variável explicada. Por sua vez, o peso do investimento em TIC apresenta um efeito estimado de aproximadamente seis vezes superior, pelo que aumento de 1% do peso de TIC, representa um aumento de 1,60 na variável explicada, mantendo tudo o resto constante.

Adicionalmente, a crise tem efeito negativo, como esperado, sendo o seu impacto estimado de curto prazo de -14,44%, *ceteris paribus*.

A relação de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis explicativas e a variável explicada pode representar-se por:

$$\ln Exp_TIC_t = -86,0096^{28} + 7,3791 \ln Edu_t + 0,2700 \ln IDE_t + 1,5779 \ln TIC_t + \hat{\varepsilon}_t \quad (4.10)$$

O ECM é representado por:

$$\hat{\varepsilon}_t = \ln Exp_TIC_t - \widehat{\ln Exp_TIC_t}, \text{ ou seja} \quad (4.11)$$

$$\hat{\varepsilon}_t = \ln Exp_TIC_t - (-86,0096 + 7,3791 \ln Edu_t + 0,27 \ln IDE_t + 1,5779 \ln TIC_t)$$

²⁸ A constante de longo prazo é obtida em função da velocidade de ajustamento, ou seja, (-11,1941/0,1348).

Como complemento dos testes anteriores, é necessário realizar o teste *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) (Dickey e Fuller, 1979, 1981) e o teste PP (Phillips e Perron, 1988), tendo por base a equação (4.10), que representa a série dos erros de correlação que permite concluir a existência de vetores de cointegração, no longo prazo.

Tabela 4.3: Testes de Estacionariedade

	Teste ADF	Teste PP
Estatística do Teste	-3,8790	-4,1037
Valor crítico para um nível de significância de 1%	-4,4407	
Valor crítico para um nível de significância de 5%	-3,6329	
Valor crítico para um nível de significância de 10%	-3,2547	

Relativamente ao teste ADF consideramos efeito de tendência e constante para fazer o teste e o desfasamento escolhido. A hipótese de 5% é rejeitada devido ao *p-value* ser de 0,0311. Pode concluir-se que existe uma relação de equilíbrio de longo prazo entre a exportação de serviços de TIC e as variáveis explicativas.

4.4 Conclusão

O ajustamento final resulta das estimativas dos coeficientes teoricamente expectáveis e de significância estatística, sendo este considerado como ajustamento definitivo (C). A existência de relacionamento de longo prazo é sustentada pela estacionariedade dos erros de correção entre as variáveis explicativas e a variável explicada.

Os resultados das estimativas das elasticidades apresentados na tabela 4.1 indicam que as exportações de serviços de TIC, em Portugal, são pouco sensíveis ao IDE e ao investimento em infraestruturas. Ao invés, pode desde já afirmar-se que estas variações são mais sensíveis ao nível das variações do capital humano.

As estimativas obtidas mostram que o peso do investimento em educação (*Edu*) é o único com impacto no curto prazo. Este reage com desfasamento, apresentando efeito negativo de aproximadamente -0,68% sobre a variável explicada. Tal acontecimento vem comprovar que o valor despendido de recursos na educação reage com atraso, ou seja, só é captado o valor gasto e não o retorno efetivo do investimento realizado.

Por sua vez, no longo prazo, as estimativas das variáveis obtidas produzem, como previsto na teoria, um efeito positivo na variável explicada. As estimativas de longo prazo mais sensíveis são, por ordem de grandeza, o capital humano (7,40%), o investimento em TIC (1,60%) e IDE (0,27%). Como previsto, uma crise financeira e económica global, que é relevante apenas no curto prazo, tem um efeito negativo no comércio internacional. Em particular, o peso das exportações de serviços de TIC, no PIB, reduz 14,45% no período da crise, quando comparado com os valores fora do período, mantendo tudo o resto constante.

Esta análise permite-nos concluir que o ajustamento ao nível crescimento económico, quando confrontado com “choques”, não é capaz de retomar “instantaneamente” ao seu equilíbrio no período corrente, ou seja, o valor estimado para a velocidade de ajustamento indica que mais de 86% do ajustamento é efetuado nos períodos subsequentes.

Em síntese, as estimativas apuradas no ajustamento final permitem afirmar que apenas as variáveis explicativas (*IDE*, *TIC* e *Edu*) contribuem efetivamente para o crescimento do comércio internacional nas exportações de serviços de TIC, no longo prazo. Ao invés, a *Edu* é a única variável capaz de influenciar negativa a variável explicada, *Exp_TIC*, no curto prazo.

5. Entrevistas

Inicialmente, estudou-se a evolução da i4.0 e identificou-se as componentes principais para as empresas e organizações, que deu origem ao modelo econométrico, baseado nas exportações de serviços de TIC. Este permitiu perceber quais as variáveis que influenciam diretamente a variável explicativa. O estudo empírico prossegue agora com um leque de entrevistas de uma amostra devidamente definida, tem como objetivo validar o modelo e encontrar novas variáveis explicadas que não foram definidas na literatura, mas que podem influenciar a variável explicativa.

A subsecção 5.1 serve para identificar os fatores económicos e não-económicos capazes de influenciar a especialização das empresas que servem de base à amostra de entrevistados e elaboração do guião de entrevistas, apresentado nas subsecções 5.2 e 5.3. Por fim, as subsecções 5.4 e 5.5 são alusivas à recolha de dados e respetivo tratamento de informação.

5.1 Fatores explicativos das exportações do setor tecnológico

As hipóteses anteriormente definidas servem como ponto de partida a elaboração do guião de entrevistas. Baseado nos estudos de Dickmann (2012) é necessária a especificação das hipóteses e dos objetivos de investigação, onde se pretende compreender como reagem as exportações aos diversos fatores, através de subtópicos relevantes na literatura para estudos qualitativos, nomeadamente fatores económicos e fatores não-económicos.

Dos fatores económicos incluem-se: **(i)** crescimento económico, que pretendem medir o grau de importância do IDE para os entrevistados; **(ii)** mercado de trabalho, pretende analisar a evolução do emprego nos serviços e indústria; **(iii)** Mão de obra qualificada, representa a especialização dos trabalhadores fruto do investimento em educação.

Não económicos fazem parte: **(iv)** a rede de contactos e **(v)** fatores tecnológicos que têm como objetivo analisar fatores externos, como o desenvolvimento de infraestruturas e investimento em TIC (público e/ou privado).

Considerando os estudos de Dickmann (2012), é possível elaborar um leque de questões úteis para a realização do guião de entrevistas, tendo por base os fatores económicos e não-económicos. No anexo 13 encontra-se o quadro que relaciona os fatores fundamentais e as variáveis identificadas no capítulo 4, nomeadamente o IDE, o capital humano representado pela variável da despesa em educação e o índice de empregos nos serviços e indústria (como *proxies* da força de trabalho), a exportação representada pela exportação de produtos de alta

tecnologia e, por fim, as qualidades de infraestruturas representadas pelo nível de segurança informática e % de PC e NET nas empresas.

5.2 Amostra

Para a realização de entrevistas, foi definido um conjunto de características específicas, de forma a criar uma linha condutora capaz de validar a revisão de literatura. Sendo os critérios de inclusão os seguintes: (i) Organizações da área das TIC ou com desenvolvimento/implementação de projectos na área; (ii) Organizações com desenvolvimento e acompanhamento de projectos relacionados com as características da indústria 4.0, nomeadamente Big Data; Inteligência Artificial; Digitalização; Segurança Informática; *Machine Learning* e IoT; (iii) Organizações e Instituições portuguesas; (iv) Presença física na área metropolitana do Porto; (v) posição do interlocutor deve aliar a componente de gestão e técnica, nomeadamente: Gestor de Projectos; CTO; CEO; Área Coordenadora; entre outros. Baseado nas características da amostra, de forma a abranger todas as componentes, a seleção dos entrevistados deu origem ao anexo 14.

5.3 Recolha de dados

A recolha de dados baseou-se na realização de entrevistas semiestruturadas, com recurso a um guião de perguntas (Sousa e Batista, 2011). A entrevista é dividida em 2 momentos. Inicialmente, centra-se no conhecimento do entrevistado acerca do tema “Indústria 4.0” e dos projetos que desenvolve e/ou acompanha na atual empresa. A segunda parte centra-se no seu entendimento acerca do Impacto na Especialização Tecnológica no mercado português e necessidades para implementação de i4.0 nas empresas tecnológicas portuguesas.

Desta forma, a elaboração do guião de entrevista surge a partir dos principais indicadores recolhidos na revisão de literatura. O guião foi dividido em fatores económicos e não estritamente económicos (anexo 13), com o objetivo de identificar competências adicionais àquelas encontradas na revisão de literatura, inteiramente relacionado com o guião de entrevistas. A questão 1 e as perguntas de cariz Sociodemográfico e profissional foram consideradas como extra, com o objetivo de traçar o perfil do entrevistado e qual o seu grau de conhecimento técnico acerca da temática, da Indústria 4.0. A primeira questão é de carácter aberto e introdutório, nomeadamente “O que conheces sobre o tema da Indústria 4.0?” a fim

de auferir um breve conhecimento sobre a temática em causa. No decorrer da entrevista, foram aplicadas as questões baseadas nas componentes e indicadores.

Destaco que a entrevista tem como base o guião. Contudo, a ordem das questões foi sendo alterada e ajustada ao diálogo. Junto de cada entrevistado, após consentimento, todas as entrevistas foram gravadas e registadas. Posteriormente foram transcritas e devidamente válidas pelos mesmos. As entrevistas decorreram de Março a Maio de 2019. Devido às circunstâncias de isolamento social à data, após estado português declarar estado de emergência face à pandemia do COVID-19, as entrevistas foram realizadas via vídeo conferência (Skype® e Zoom®). Foi realizada uma validação e entrevista a cada candidato, com o principal objetivo de verificar a aplicação do guião de entrevista, no sentido de perceber se o(a) entrevistado(a) estava enquadrado com o âmbito da amostra em estudo, assim como proceder ao refinamento do guião de entrevista.

5.4 Apresentação de Resultados

5.4.1. Fatores Económicos

Crescimento económico: pretende identificar se a alocação de recursos e captação de investimento estrangeiro é suficiente para acompanhar os avanços da tecnologia. Esta categoria foi referenciada pelos entrevistados como fonte de difusão e transferência de conhecimento por parte dos investidores e expatriados que se moveram para Portugal. *“Assim como nos clusters, permite beneficiar e partilhar conhecimento, de forma a alavancar os processos das empresas portuguesas. Adicionalmente, pode ser uma forma de retenção de talento dentro de portas.”* Armindo Barbosa (AB); *“Houve importação de talentos importantes e fundamentais ao nível de recursos humanos. Esses recursos trouxeram know how para dentro do país, para empresas e respetivos colaboradores.”* Gonçalo Pereira Rebeca (GR)

No que respeita ao investimento público em educação, ao nível da formação de pessoas e capacidade de gerar talento útil para as organizações, é unânime o reconhecimento da qualidade das nossas instituições públicas. Paralelamente, entrevistados referem que as empresas/organizações têm um papel predominante na (re)qualificação dos profissionais em capacitá-los para novas tarefas e até investir na sua educação para novos cargos. Adicionalmente, as organizações investem em academias para formar os recém-formados *“Há a necessidade de as empresas criarem academias para introduzir nos jovens licenciados os conhecimentos práticos”* Rui Quintino. Esta categoria caminha em paralelo como a

Necessidade de Mão-de-obra específica, que reforça a necessidade de investimento em formação por parte do setor privado.

Mercado de trabalho: A mesma serve para identificar os impactos da indústria 4.0 no emprego, nomeadamente nas empresas de serviços de TIC, em Portugal. A resposta dos entrevistados vai ao encontro do esperado. As empresas em Portugal desenvolvem projetos pioneiros e inovadores. Contudo, apresentam dificuldades no momento de reforço das suas equipas, devido à escassez de recursos humanos altamente qualificados. *“Houve uma necessidade muito elevada e tivemos de ir buscar profissionais a outros países, nomeadamente em Brasil.”* Marta Costa (MC); *“Há uma dificuldade em encontrar talento qualificado, o facto de Portugal ser pequeno, a pool é mais limitada”* (RQ). Relativamente à introdução da automação e digitalização nos postos de trabalho, no cômputo geral, os entrevistados não consideram que haja uma redução de postos de trabalho, mas sim uma *“transferência postos de trabalho”* Débora Lima (DL).

Migração de Recursos e Remessas: é necessário entender se a migração é um dos fatores de perda de capital humano e difusão de conhecimento que se cria em Portugal para o exterior. Atualmente, é possível trabalhar remotamente para qualquer ponto do globo assim, a perda de mão-de-obra deixou de ter “barreiras físicas” (RQ), colocando-se questões como: *“afinal qual o limite? Qual a diferença entre perder um profissional que se move fisicamente para outro país ou que está a trabalhar fisicamente em Portugal, mas trabalha remotamente para outro país?”* GR.

5.4.2 Fatores não estritamente económicos

Verificar se o papel dos parceiros horizontais e/ou verticais impulsionam o investimento em i4.0, dá origem à categoria das **Redes de Contactos**. Fruto da cultura de uma cultura tradicionalista, as empresas em Portugal apresentam uma resistência à criação de parcerias horizontais, focando-se no desenvolvimento de parcerias verticais a fim de desenvolver estratégias a montante para alcançar novos mercados ou aumentar a produtividade/redução de custos a jusantes, das suas operações. *“As redes são essenciais para a base do conhecimento, estabelecer uma base de partilha de casos de sucesso.”* AB

Os Fatores Tecnológicos são referenciados pelos entrevistados como uma fonte de aposta e preocupação para o desenvolvimento dos processos tecnológicos nas organizações, pois constituiu um ponto fundamental para a exportação e apresentação de novos produtos. No que se refere ao nível da segurança informática, é consensual a preocupação de todos devido

ao *gap* entre os atuais avanços da tecnologia e o real conhecimento dentro das empresas “*É um requisito base para quem trabalha com desenvolvimento e software. Nomeadamente na área da privacidade.*” RQ.; “*A inovação só faz sentido caso haja segurança, principalmente com a exposição de dados.*” DL; Este é um ponto de atenção por partes das empresas, algumas criam departamentos capacitados, ao passo que outras apoiam-se em serviços de *outsourcing*.

5.5 Interpretação de Resultados

Os resultados levantados pelos entrevistados vão ao encontro da teoria económica e do modelo econométrico, anteriormente apresentado. Esta categoria vem comprovar que o IDE influencia positivamente o mercado tecnológico em Portugal, contribuindo para o avanço da inovação e, consequentemente, o aumento de exportação dos serviços de TIC.

Os entrevistados identificam a falta mão-de-obra altamente especializada nas áreas tecnológicas. As estratégias para suprir as necessidades passam por recrutar talento fora do mercado português e da UE, nomeadamente profissionais vindo do Brasil, bem como desenvolver centros de formação e academias como forma de colmatar o *gap* entre os diplomados e as necessidades de mercado. Esta categoria vem reforçar a importância do capital humano e apoiar os resultados do modelo, na medida em que o capital humano é a estimativa do coeficiente da variável explicativa com maior influência no longo prazo e é também a categoria apontada como fundamental para o mercado, na ótica dos entrevistados.

Relativamente aos fatores não estritamente económicos, os entrevistados apontam os fatores tecnológicos como segundo indicador fundamental para a implementação de indústria 4.0 nas empresas. Todos os entrevistados percebem a importância da qualidade de infraestruturas. Contudo, a tecnologia avança mais rápido que o mercado, pelo que existe a necessidade de criar departamentos privados de I&D capazes acompanhar os avanços, nomeadamente ao nível da segurança informática. No longo prazo, o peso do investimento em TIC no PIB, apresenta um efeito positivo, este resultado vai ao encontro dos resultados apurados pelas entrevistas.

Como contributo para investigações futuras é de considerar o peso do investimento em educação e o peso do investimento em I&D privado e qual o seu efeito no peso das exportações de serviços de TIC, em Portugal.

6. Conclusão

A temática da indústria 4.0 está mais cada vez mais presente nas nossas vidas. As definições ainda não são consensualmente aceites contudo, a automação e digitalização introduziram um novo paradigma de sociedade. Os vários estudos descritos no capítulo 2 permitem identificar uma linha de investigação, a alemã, onde se caracteriza a 4ª RI como uma onda tecnológica e se define quais as componentes e características fundamentais para a implementação da mesma. Há ainda alguma discordância sobre se os impactos são sempre positivos ou negativos.

No caso em estudo, o objetivo é avaliar o impacto da 4ª revolução industrial na especialização das empresas tecnológicas em Portugal. Para este estudo considerou-se a exportação de serviços de TIC como variável explicada, para o período amostral 1998-2018. Inicialmente analisou-se a evolução dos 4 fatores diretamente ligados à exportação de serviços de TIC, nomeadamente, o Investimento Direto Estrangeiro, Capital Humano, Investimento em Infraestruturas e Exportações.

Portugal apresenta uma balança comercial de bens e serviços deficitária. A balança de serviços representa mais de 50% do volume de exportação total. Já as exportações de serviços de TIC representam menos de 1% das exportações totais. Estas últimas apresentam uma inflexão clara sobre as importações após a crise financeira. Após o ano de 2012, as exportações de serviços de TIC apresentam uma taxa de crescimento média de 11%, crescendo a um ritmo superior ao das importações de serviços de TIC.

Este facto é motivado pelo crescimento do capital humano no que se refere ao nível de qualificação dos recursos humanos e transferência de emprego dos outros setores para o setor de serviços. Atualmente, os serviços representam cerca de 70% do emprego em Portugal. O número de diplomados cresce a uma taxa média cada vez superior, contudo, representam apenas 8% do total de diplomados. Assim, a força de trabalho qualificada aumentou e ajuda a explicar o crescimento do setor de serviços de TIC. Pode constatar-se um crescente esforço do governo em investir na qualidade das suas instituições e melhoria do ensino.

Paralelamente, é possível considerar que o IDE e a despesa pública em educação apresentam um peso médio no PIB semelhante, 3,72% e 4,40%, respetivamente. Parece plausível admitir que o IDE e investimento em educação possam ter contribuído para o crescimento dos serviços de TIC, ou seja, contribui positivamente para o aumento da especialização das empresas na área tecnológica.

A utilização do modelo dinâmico ARDL/ECM, serve para estimar o impacto das exportações de serviços de TIC no padrão de especialização. Observou-se que a introdução das

componentes chaves da indústria 4.0 têm um efeito positivo no crescimento da exportação de serviços de TIC. Os resultados obtidos vão ao encontro do esperado, onde a variável explicada é estatisticamente influenciada pelo investimento em educação, IDE e investimento em TIC. Considerando tudo resto constante, no longo prazo, o efeito estimado da educação é de 7,38%, notoriamente, destacada das restantes variáveis. Neste horizonte temporal, também o investimento em TIC tem um efeito positivo onde, no longo prazo, apresenta um efeito estimado de 1,58%, *ceteris paribus*. Quanto ao IDE, o seu impacto de longo prazo é mais singelo, apresentado um efeito de 0,27% na variável explicada. O efeito da crise financeira global é evidente no período 2008-2012, cujo efeito é apenas considerado no curto prazo. Ao contrário das variáveis anteriores, a crise financeira tem um impacto estimado negativo de 14,44% sobre a exportação de serviços de TIC.

Estes resultados são reforçados pela realização de entrevistas a profissionais qualificados, em Portugal, na área de gestão e tecnologia, através da validação de fatores económicos e não económicos, onde se destacam: a “necessidade de mão-de-obra” e “Fatores tecnológicos”. É consensual entre os entrevistados a falta de trabalhadores qualificados nas novas áreas emergentes provenientes da i4.0, nomeadamente, em inteligência artificial, *machine learning* ou *business intelligence*. Este facto pode estar diretamente correlacionado com a limitação do ensino superior ao nível da oferta de cursos superiores. Relativamente aos fatores tecnológicos, os entrevistados consideram como o segundo motivo fulcral para a especiação e diferenciação tecnológica das empresas.

No decorrer da investigação consideram-se algumas limitações, nomeadamente no que se refere à qualidade da informação disponível, fruto da ausência de informação universalmente aceite. O mesmo acontece com os dados. A ausência de volume de dados estatísticos na área das tecnologias de informação e comunicação em Portugal faz com que a amostra não seja substancial. Fruto das circunstâncias sociais proporcionadas pelos acontecimentos no ano corrente, foi impossível a realização de entrevistas presenciais o que dificultou a logística e respetiva análise comportamental dos entrevistados. De forma a complementar este estudo e proceder ao levantamento de problemáticas futuras, seria vantajoso realizar um fórum entre os entrevistados com o objetivo de criar uma discussão em torno dos resultados obtidos.

Quanto ao futuro, seria relevante considerar dados apenas da exportação de serviços realizados no âmbito da indústria 4.0 para uso da variável explicada. Como resultado das entrevistas, deve ser analisada a influência da indústria 4.0 aos olhos das variáveis de cariz privado, nomeadamente no que concerne ao Investimento privado em I&D (Investigação e

Desenvolvimento) e Investimento Privado em Educação, proveniente das organizações e empresas. A instrução de i.4.0 resulta e resultará de forte investimento público e privado, onde a coabitação entre homem e máquina se torna premente. A 4ª revolução tem como base as máquinas e tecnologias que oferecem flexibilidade nos processos industriais. O próximo passo é fundir a criatividade e a habilidade humana com a velocidade e a produtividade das máquinas, dando origem à nova onda de transformação digital, a Indústria 5.0. Assim, a nova palavra de ordem para início de investigações futuras deve ser: *Colaboração*, fundindo o capital cognitivo e a automação.

Face aos impactos que as diferentes variáveis analisadas têm na especialização tecnológica e considerando as limitações da investigação, conclui-se que a introdução da indústria 4.0 influencia diretamente as empresas tecnológicas, nomeadamente ao nível do padrão de especialização das mesmas, aquando da decisão e modo de internacionalização. É de admitir que investimento ao nível do capital humano e do desenvolvimento de infraestruturas de *software* e telecomunicações são as componentes de destaque. Estes registam um impacto significativo nos padrões de especialização e desenvolvem um ambiente propício para a capacitação do tecido empresarial em Portugal, nomeadamente na expansão para novos mercados. Não se pode deixar de ter em atenção ao IDE. Ainda que não tão relevante, o IDE é um elemento capaz de influenciar a especialização das empresas tecnológicas, pois a localização de empresas em Portugal, expatriação de colaboradores qualificados para Portugal ou *joint ventures*, promove a difusão de conhecimento no país e acesso a novas oportunidades.

Fruto da introdução da Indústria 4.0, é possível concluir que as empresas se adaptam e, assim como as pessoas, tornam-se fenómenos emergentes de sistemas complexos. Esta onda de revolução digital proporciona novos níveis de autonomia das empresas e torna possível acelerar o processo de internacionalização, gerando novos estados de produtividade e introdução de novas práticas de gestão. O desenvolvimento de componentes fruto da indústria 4.0 tornaram-se fulcrais para as empresas tecnológicas e para a tomada de decisão de especialização das mesmas.

Referências

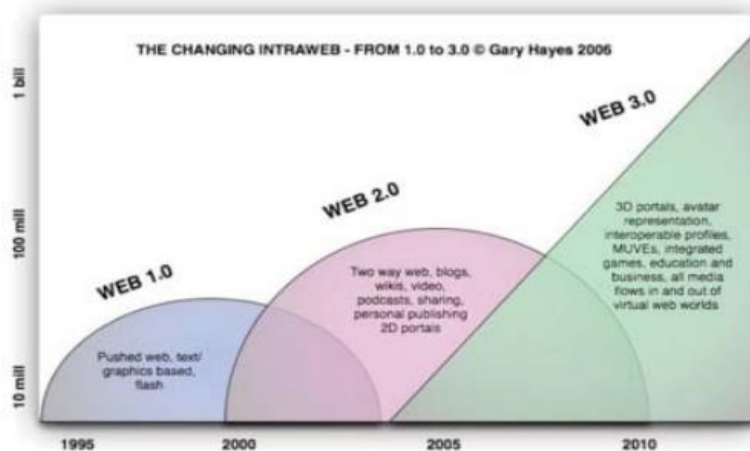
- Alexandre Moeuf, Robert Pellerin, Samir Lamouri, Simon Tamayo-Giraldo & Rodolphe Barbaray (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0, *International Journal of Production Research*, vol. 56, No.3, pp. 1118-1136, DOI: 10.1080/00207543.2017.1372647
- BCG (2018). O impacto do digital na economia portuguesa from <http://www.forumconsumo.com/Portals/2/PDF/estudo123.pdf?ver=2019-03-04-114356-437×tamp=1551717881844> acessado a 29 de Dezembro de 2019
- Branco, I. e Jesus, F. (2018). Exploratory factor analysis for assessing Industry 4.0: Evidence for the European Union. *Association of Information System* Retrieved from <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=capsi2018>
- Breusch, T. S., & Godfrey, L. G. (1980). A review of recent work on testing for autocorrelation in dynamic economic models: University of Southampton.
- Cassiani, S., Caliri, L., Pelá, R. (1996). A teoria fundamentada nos dados como abordagem da pesquisa interpretativa. *Revista latino-americana*, vol. 4, No. 3, pp. 75-88.
- Celaschi, F., (2017). Advanced design-driven approaches for an Industry 4.0 framework: The human-centred dimension of the digital industrial revolution, *Strategic Design Research Journal*, vol. 10, No. 2, pp. 97-104
- COTEC Europe (2018). COTEC Italia from Innovative Technologies and Employment from https://coteceuropesummit.com/wp-content/uploads/2018/02/COTEC_IT_WORK_4_0.pdf acessado a 9 de Novembro de 2019
- COTEC Europe (2018). COTEC Europa: The future of work: Educational Implementations from https://coteceuropesummit.com/wp-content/uploads/2018/02/COTEC_ES_WORK_4.0.pdf acessado a 9 de Novembro de 2019
- COTEC Portugal (2017). Plano de Atividades 2017 Retrieved from http://www.cotecportugal.pt/imagem/Relatorios/20170518_Plano%20Atividades%20COTEC%202017.pdf acessado a 9 de Novembro de 2019
- COTEC Portugal (2018). Work 4.0 - Hypothesis towards a new modernity from https://coteceuropesummit.com/wp-content/uploads/2018/02/COTEC_PT_WORK_4_0-.pdf acessado a 9 de Novembro de 2019
- Scheuermann, C., Verclas S., e Bruegge, B., (2015). Agile Factory - An Example of an Industry 4.0 Manufacturing Process, 2015 IEEE 3rd International Conference on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications, Hong Kong, 2015, pp. 43-47.
- Davidson, J. E., Hendry, D. F., Srba, F., & Yeo, S. (1978). Econometric modelling of the aggregate time-series relationship between consumers' expenditure and income in the United Kingdom. *The Economic Journal*, vol. 88, No. 352, pp. 661-692.
- De Gregorio, J. (1992). Economic growth in Latin America. *Journal of Development Economics*, vol. 39, pp. 58–84
- Dickmann, M. (2012). “Why do they come to London? Exploring the motivations of expatriates to work in the British capital” *Journal of Management Development*, vol. 31, No.8, pp. 783-800.

- Fortes, A. (2017). O processo histórico de formação da classe trabalhadora: algumas considerações: Estudos Históricos *Rio de Janeiro*, vol. 29, No. 59. 587-606,
- Garrigos-Simon, F., Lapedra Alcamí, R. and Barberá Ribera, T. (2012). "Social networks and Web 3.0: their impact on the management and marketing of organizations", *Management Decision*, Vol. 50 No. 10, pp. 1880-1890. <https://doi.org/10.1108/00251741211279657>
- Glaser, B.; Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory*. New York: Aldene de Gruyter, 1967.
- Gil, Henrique Teixeira (2014). A passagem da Web 1.0 para a Web 2.0 e... Web 3.0: Potenciais consequências para uma «humanização» em contexto educativo from <https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/2404/1/A%20passagem%20da%20Web%20Henrique.pdf> acedido a 29 de Dezembro de 2019
- Globerman, S. (1979). Foreign Direct Investment and Spillover Efficiency Benefits in Canadian Manufacturing Industries. *the Canadian Journal of Economics*, vol. 12, No. 1, pp. 42-56
- Guerra, I., Borges, F., Padrão, J., Tavares, J., Padrão, M.H. (2017). Smart Cities, smart tourism? The case of the city of Porto, *Revista Galega de Economia*, vol. 26, No. 2, pp. 130-142.
- Hendry, D. F. (1995). *Dynamic econometrics*: Oxford University Press on Demand.
- Hermann, M., Tobias, P. e Boris, O. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review from https://www.researchgate.net/publication/307864150_Design_Principles_for_Industrie_40_Scenarios_A_Literature_Review acedido a 3 de Outubro de 2019
- Hofmann, E. e Rüş, M. (2016). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics vol. 89, pp. 23-34
- Kabaklarli, E., Duran, M.S. & Üçler, Y.T. (2017). THE DETERMINANTS OF HIGH-TECHNOLOGY EXPORTS: A PANEL DATA APPROACH FOR SELECTED OECD COUNTRIES. *DIEM*, vol. 3, No. 1), 888-900. Retrieved from <https://hrcak.srce.hr/187437>
- Kagerman, H.; W. Wahsler & J. Helbig, eds. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of Industrie 4.0 Working Group from <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf> acedido a 7 de Outubro de 2019
- Jarque, C. M., & Bera, A. K. (1987). A test for normality of observations and regression residuals. *International Statistical Review/Revue Internationale de Statistique*, pp. 163-172.
- Lee, E., (2008), *Cyber Physical Systems: Design Challenges*. 11th IEEE Symposium on object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), pp. 363-369
- Mills, J., Bonner, A., & Francis, K. (2006). The Development of Constructivist Grounded Theory. *International Journal of Qualitative Methods*, pp. 25–35.
- Mishra, S., Lundström, S., & Anand, R. (2011). Service Export Sophistication and Economic Growth. *World Bank Policy Research, Working Paper Series*, 5606.
- OECD (2015). *Addressing the Tax Challenges of the Digital Economy, Action 1 - 2015 Final Report*. OECD/G20 Base Erosion and Profit Shifting Project. Paris: OECD Publishing,
- Pesaran, M. H., & Shin, Y. (1998). An autoregressive distributed-lag modelling approach to cointegration analysis. *Econometric Society Monographs*, vol.31, pp. 371-413.

- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of applied econometrics*, vol. 16, No. 3, pp. 289-326.
- Plattform Industrie 4.0. (2014). Was Industrie 4.0. From <http://www.plattform-i40.de/was-industrie-40-f%C3%BCr-uns-ist> acessado a 11 de Dezembro de 2019
- Porter, M.E. e Heppelmann, J.E. (2014). How smart connected products are transforming competition, *Harvard Business Review* from <http://www.bollettinoadapt.it/wp-content/uploads/2015/09/How-Smart-Connected-Products-Are-Transforming-Companies.pdf> acessado a 11 de Dezembro de 2019
- PwC (2016). Industria 4.0 Construir a empresa digital from <https://www.pwc.pt/pt/temas-actuais/industria-40.html> acessado a 29 de Dezembro de 2019
- Reis, A. (2016). Systematic Combining: Uma abordagem metodológica abduativa para o estudo da crítica de teatro em Portugal: *Revista Comunicando*, vol. 5, No. 1, pp. 66-85
- Ramsey, J. B. (1969). Tests for specification errors in classical linear least-squares regression analysis. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, vol. 31, No. 2, pp. 350-371.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of political economy*, vol. 94, No. 5, pp. 1002-1037
- Sahoo, P., Dash, R. (2014). India's surge in modern services exports: Empirics for policy *Journal of Policy Modeling* Volume 36, Issue 6, November–December 2014, pp. 1082-1100
- Samen, S. (2010). A primer on export diversification: key concepts, theoretical underpinnings and empirical evidence. Growth and Crisis Unit, World Bank, Washington, DC.
- Santana, P., et al. (2015). Suicide in Portugal: Spatial determinants in a context of economic crisis, *Health & Place*, vol. 35, pp. 85-94, ISSN 1353-8292, from: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2015.07.001>
- Santos, M., Sá, J., Andrade, C., Lima, F., Costa, E., Costa, C., Martinho, B. e Galvão, J. (2017). A Big Data system supporting Bosch Braga Industry 4.0 strategy *International Journal of Information Management* vol. 37, pp. 750-760
- Smith, J., Kreutzer, S., Moeller, C. e Carlberg, M., (2016). Industry 4.0 a study for the European Parliament from <http://www.europarl.europa.eu/studies> acessado a 16 de Dezembro de 2019
- Shingal, A. (2010). How Much do Agreements Matter for Services Trade? *Political Economy: International Political Economy eJournal*.
- Thompson, P (1989). A Formação da Classe Operária Inglesa. Rio de Janeiro: Paz e Terra. 1989. vol. 1, pp. 291-347
- Turen, U, Gokmen, Y. & Dilek, H. (2012b). Does Foreign Direct Investment Really Back up National Innovation Capability? A cross-national analysis. Unpublished paper presented at 1st International Interdisciplinary Social Inquiry Conference, June, pp. 17-21, 2012, Bursa, Turkey.
- Qin, J., Liu Y. e Grosvenor R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond *Procedia CIRP*, vol. 52, pp.173-178
- Zhang, K. H. (2007). Determinants of complex exports: Evidence from cross-country data for 1985-1998. *International Economics*, vol. 60, No.1, pp. 111-122

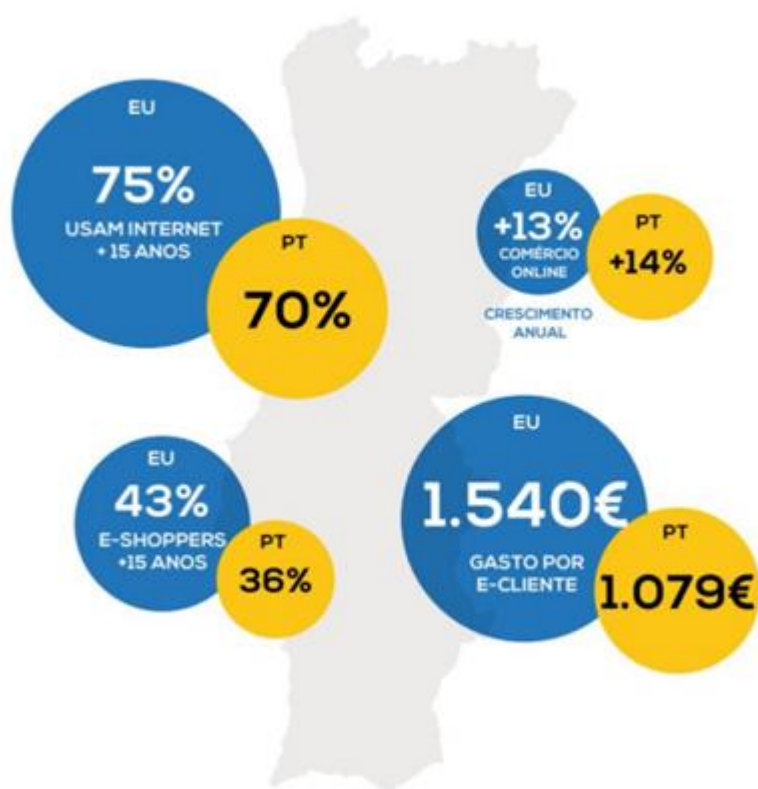
Anexos

Anexo 1: Evolução da WEB



Anexo 2: Relatório Europeu from

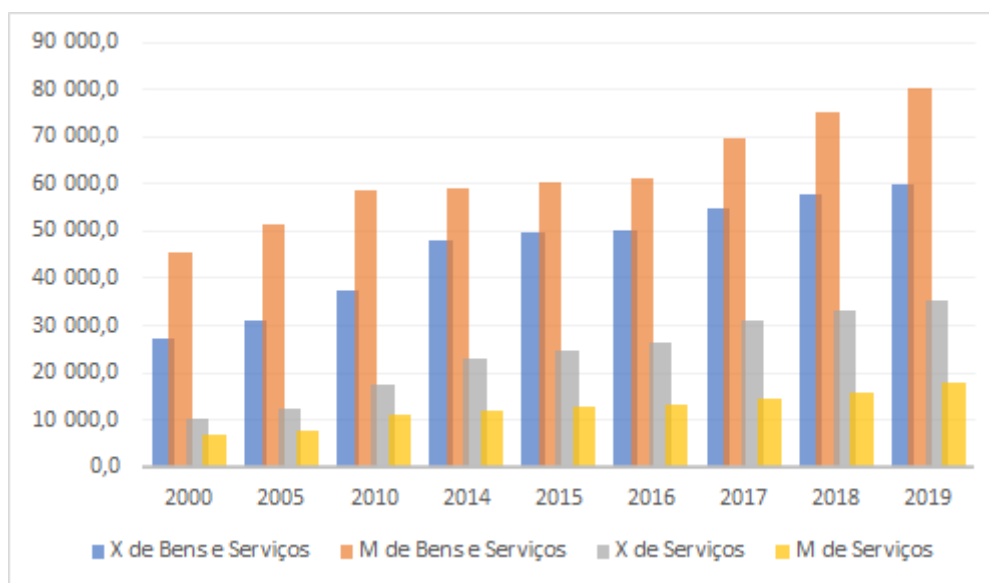
<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/18920/1/DM-JDK-2019.pdf>



Anexo 3: Listagem de Programas de apoio ao desenvolvimento e implementação de indústria 4.0 em Portugal

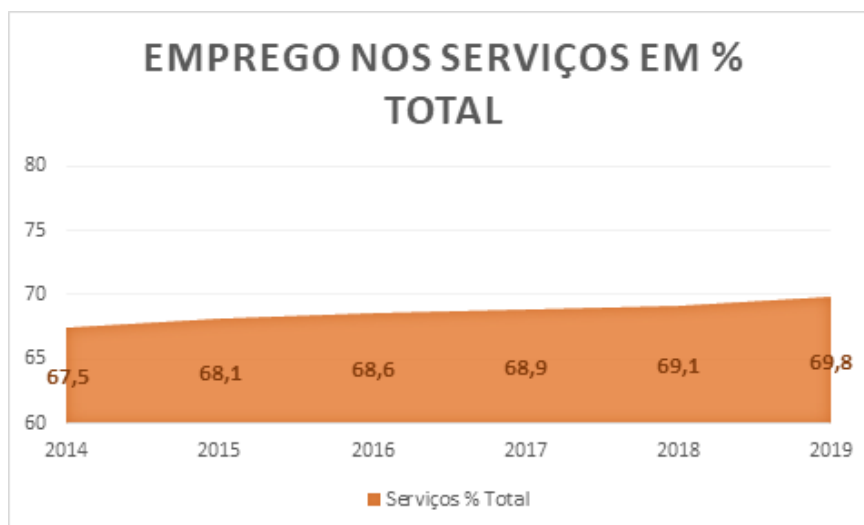
Iniciativa	Entidades Responsáveis	Programa, descrição e objetivos
Programa Indústria 4.0	COTEC Portugal	Apoiar a formação e desenvolvimento na incorporação de conceitos e práticas de i4.0 nas empresas, bem como nos processos de internacionalização
Plataforma Portugal Indústria 4.0	COETEC Portugal e COMPETE2020	Apoiar na qualificação de PME portuguesas na incorporação de conceitos de gestão e inovação, ultrapassar limitações e lacunas com a introdução da 4ª revolução industrial
Work 4.0	COTEC Portugal, Espanha e Itália	Contributos ao nível da educação, convergência tecnológica, economia circular e formação ao nível da i4.0
NORTINOV	CCDR-N, EGP, INEGI, INESC PORTO, TECMINHO, Deloitte & Touche e COTEC Portugal)	Promoção de Networking e parcerias entre as empresas com vista à criação de um cluster tecnológico
Open Days i4.0	IAPMEI e COTEC	Criação de momentos de networking, partilha de informação e promoção de parcerias junto das empresas
Programa INCoDe 2030	FCT	Promoção de uma estratégia tecnológica de cariz nacional, com vista à melhoria do alinhamento digital e com os princípios da i4.0, promovendo a competitividade junto das empresas
Capacitar 4.0	IAPMEI	Visa a qualificação de organizações e pessoas face aos desafios da introdução da i4.0
StartUP VISA	IAPMEI	Programa de acolhimento e aproximação a empresas e organizações estrangeiras que pretendam investir e promover projetos de empreendedorismo e inovação em Portugal.
Tech Visa	IAPMEI	Permitir, de forma simplificada, às empresas portuguesas reforçar os seus quadros com profissionais altamente qualificados, provenientes do estrangeiros à União Europeia
Iniciativa Clube de fornecedores	IAPMEI e COMPETE 2020	Fortalecer os polos de produção e cadeias de produção globais promovendo o aumento da participação de PME nacionais, com o objetivo de aumentar o valor acrescentado nacional
SI Propriedade Industrial	IAPMEI, COMPETE 2020 e ANI	Promover e facilitar o registo direitos de propriedade industrial
Vale Indústria 4.0	IAPMEI	Promover a definição de uma estratégia tecnológica com alinhamento nacional, com o objetivo a melhoria da competitividade da empresa, baseado no alinhamento da i4.0
Movimento Código Portugal - CODEMOVE	Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, Ministério da Educação, Ministério da Economia e Ministério do Trabalho, Solidariedade e Segurança Social	Aproximar a sociedade do mundo digital, tecnológico e da programação através de uma campanha de mobilização nacional, contrinuído para a literacia digital
Move PME	UE e Compete2020	Programa de formação e consultoria com o objetivo de intensificar a formação de profissionais de gestão e trabalhadores
Programa Turismo 4.0	Turismo de Portugal	Intensificar e promover a transição da atividade turística para a economia digital, com vista a promover o empreendedorismo e apoiar startups de turismo.
Programa Interface	ANI, IAPMEI, FCT e COMPETE 2020	Apoiar na transferência de tecnologia das universidades para as empresas, certificação de produtos, aumentar a competitividade da economia portuguesa e das empresas nos mercados nacional e internacional

Anexo 4: Exportações e Importações em milhões de euros (preços correntes), em Portugal



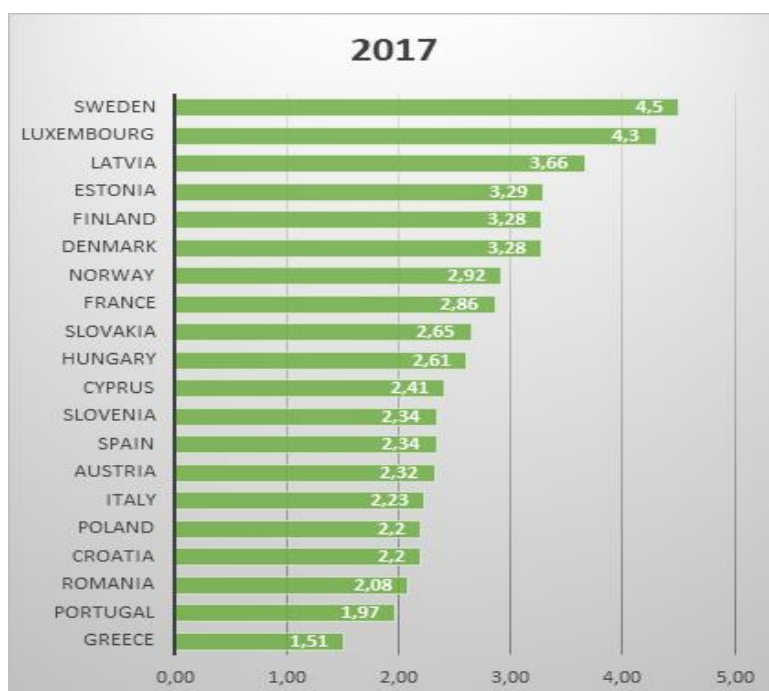
Fonte: Gabinete de Estratégia e Estudos (<https://www.gee.gov.pt/pt/publicacoes/indicadores-e-estatisticas/principais-indicadores-economicos-de-portugal>)

Anexo 5: Percentagem de emprego no setor dos serviços, em função do número total de emprego



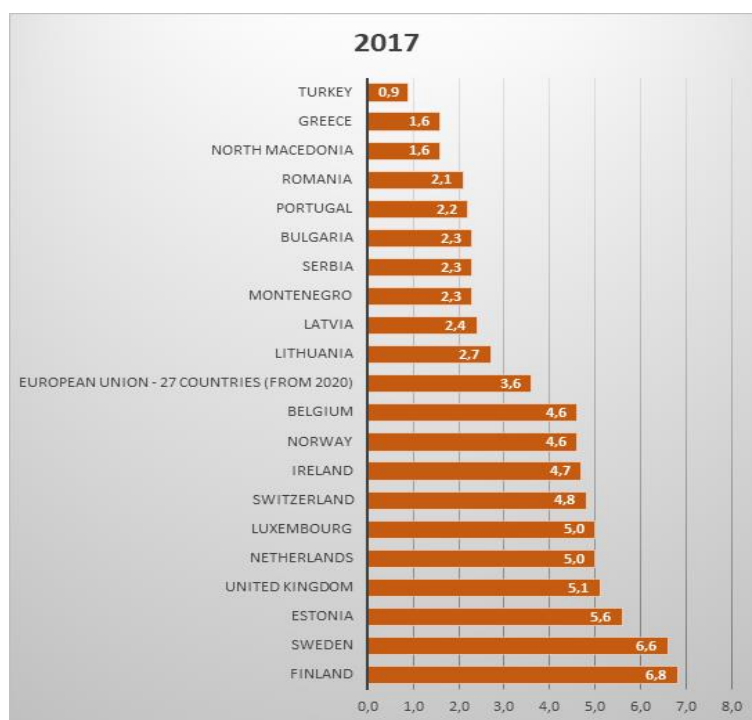
Fonte: Gabinete de Estratégia e Estudos (<https://www.gee.gov.pt/pt/publicacoes/indicadores-e-estatisticas/indicadores-de-conjuntura>)

Anexo 6: Percentagem do pessoal das TIC em função do emprego total



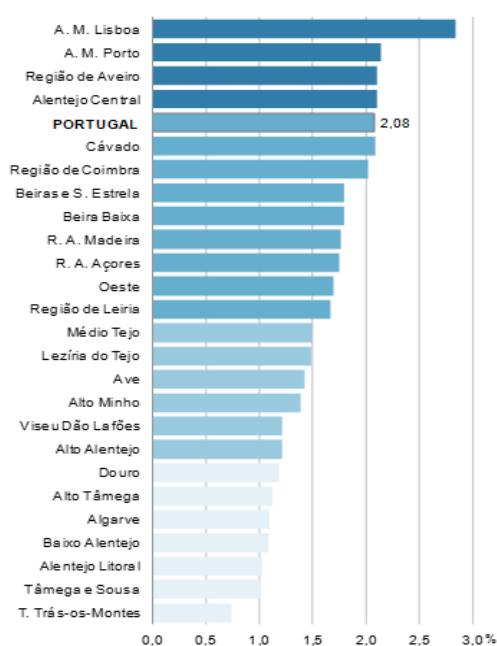
Fonte: Eurostat

Anexo 7: Emprego de ICT Specialists em função da percentagem total de emprego, em 2017



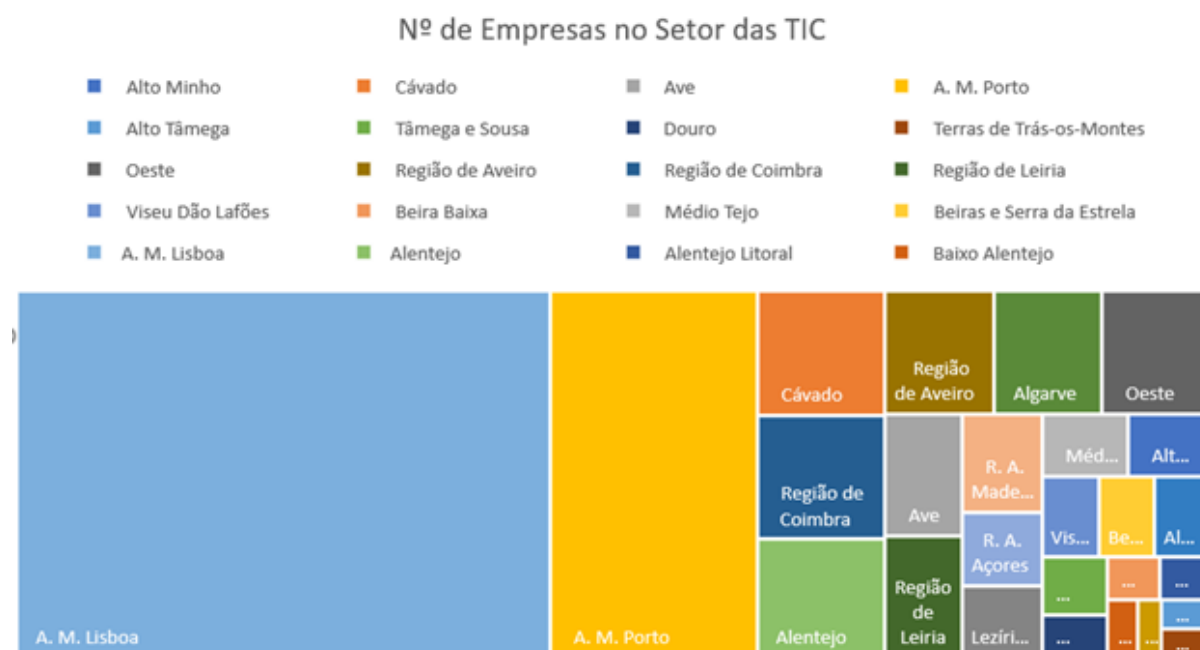
Fonte: Eurostat (<https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>)

Anexo 8: Proporção dos nascimentos de empresas dos setores de alta e média-alta tecnologia, Portugal e NUTS III



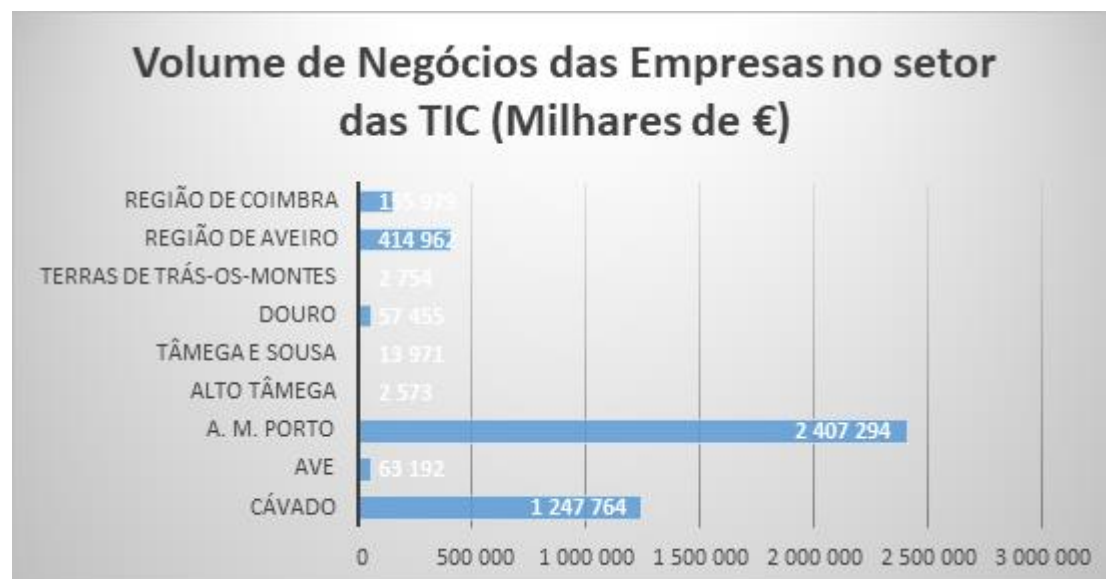
Fonte: INE, I.P, Demografia das Empresas

Anexo 9: Número de empresas no setor das Tecnologias de Informação e Comunicação



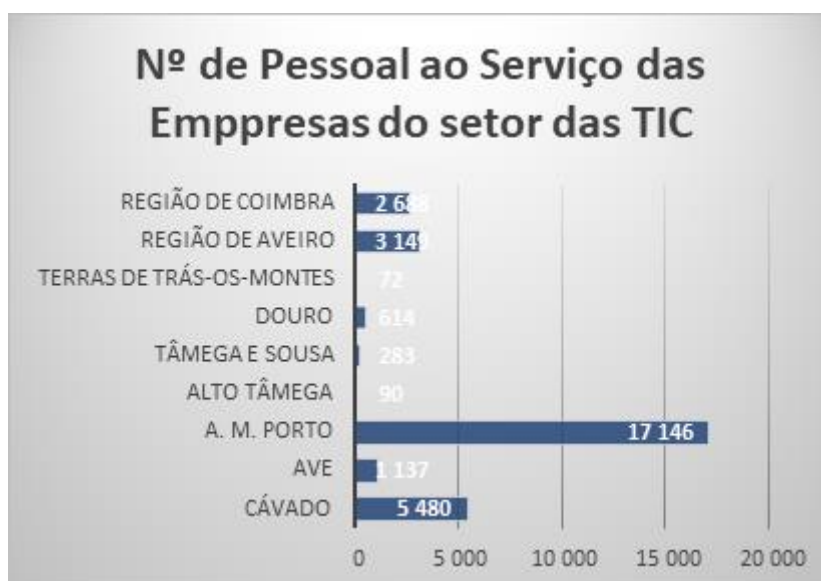
Fonte: INE, I.P., Portugal, 2019

Anexo 10: Volume de Negócios das Empresas no setor das Tecnologias de Informação e Comunicação, em milhares de euros (Zona Norte)



Fonte: INE, I.P., Portugal, 2019

Anexo 11: Número de Pessoal ao Serviço nas Empresas do Setor das Tecnologias de Informação e Comunicação (Zona Norte)



Fonte: INE, I.P., Portugal, 2019

Anexo 12: Guião de Entrevista

Parte I: Características Sociodemográficas e profissionais:

- Idade?
- Qual é o nível de estudos?
- Em que área?
- Em que área trabalhas?

Parte 2: Indústria 4.0 (conhecimento pessoal e implementação na empresa)

1. O que conheces sobre o tema da Indústria 4.0?”
2. A tua empresa está envolvida em projectos de desenvolvimento ou implementação de indústria 4.0?
3. Atualmente, a tua empresa, desenvolveu projectos com recurso a que ferramentas?
4. Que tecnologias/Conceitos usam na tua empresa?
5. Atualmente, existem indicadores que medem/monitorizam o estudo da implementação da estratégia indústria 4.0? Quais?
6. Participam em redes, clusters ou consórcios?
7. Quais os benefícios?
8. A empresa possui competências ao nível de recursos humanos para fazer face aos novos desafios tecnológicos da indústria 4.0?
9. Acreditas que a introdução da indústria 4.0 vai reduzir postos de trabalho? Como?

Parte 3: Impacto na Especialização Tecnológica no mercado

10. Qual sua opinião quais são os principais desafios/dificuldades que se colocam ao investimento em tecnologias da indústria 4.0
11. Na sua opinião, quais os fatores de atratividade que uma empresa deve disponibilizar para atrair e fixar a indústria baseada na digitalização (Indústria 4.0, IoT)?
12. Qual o grau de importância em I&D?
13. Como é que o investimento em I&D por parte do estado e das organizações pode impactar o desenvolvimento de i4.0 em Portugal?
14. Conheces que iniciativas está Portugal a desenvolver/implementar atualmente?
15. Acreditas que o investimento público em educação é suficiente? Estão as instituições públicas/universidades capacitadas para formar os novos profissionais?
16. Acreditas que estamos a formar profissionais e a perdê-los para o mercado internacional?
17. Portugal possui competências ao nível de recursos humanos para fazer face aos novos desafios tecnológicos da indústria 4.0?
18. Acreditas que a i4.0 se traduziu na redução de emprego na Indústria? e nos Serviços?
19. Qual a importância da segurança informática para o tratamento de dados e gestão de dados pessoais?
20. Acreditas que estamos numa onda de revolução cibernética e cada vez mais deve haver um investimento das empresas nesse sentido?
21. De que forma o IDE pode contribuir para o desenvolvimento da indústria 4.0 nas empresas portuguesas?

Anexo 13: Quadro base para a elaboração do Questionário

	Fatores	Variáveis	Objetivo	Questões
Fatores económicos	Crescimento económico	Investimento Direto Estrangeiro (IDE)	Face à conjuntura da situação económica de Portugal, identificar se a alocação de recursos e captação de investimento estrangeiro é suficiente para acompanhar os avanços da tecnologia	(12) Qual o grau de importância da i4.0 em I&D? (13) Como é que o investimento em I&D por parte do estado e das organizações pode impactar o desenvolvimento de i4.0 em Portugal? (14) Conheces que iniciativas está Portugal a desenvolver/implementar atualmente? (15) Acreditas que o investimento público em educação é suficiente? Estão as instituições públicas/universidades capacitadas para formar os novos profissionais? (21) De que forma o IDE pode contribuir para o desenvolvimento da indústria 4.0 nas empresas portuguesas?
	Mercado de trabalho	Força de Trabalho de educação elevada (L); Índice de emprego nos serviços (S)	Identificar os impactos da i4.0 no emprego	(8) A empresa possui competências ao nível de recursos humanos para fazer face aos novos desafios tecnológicos da indústria 4.0? (9) Acreditas que a introdução da indústria 4.0 vai reduzir postos de trabalho? Como? (18) Acreditas que a i4.0 se traduziu na redução de emprego na Indústria? e nos Serviços?
	Migração familiar e remessas	Índice de emprego nos serviços (S) e Indústria (I)	Perceber se a migração é um dos fatores de perda de capital humano e de difusão de conhecimento que se cria em Portugal e se perde para o exterior	(16) Acreditas que estamos a formar profissionais e a perdê-los para o mercado internacional?
	Necessidade de mão-de-obra específica	Força de Trabalho de educação elevada (L);	Perceber se Portugal é capaz de fazer face ao défice de oferta de emprego no país	(17) Portugal possui competências ao nível de recursos humanos para fazer face aos novos desafios tecnológicos da indústria 4.0?

Quadro base para a elaboração do Questionário (continuação)

	Fatores	Variáveis	Objetivo	Questões
Fatores não económicos	Rede de contactos	Exportação de Produtos de Alta Tecnologia (HTP);	Verificar se o papel dos parceiros, horizontais ou verticais, impulsionam o investimento em i4.0	(6) Participam em redes; Clusters ou consórcios? (7) Quais os principais benefícios?
	Fatores Tecnológicos	Segurança Informática (Seg); % de PC e Net nas empresas (PC)	Identificar a área de especialização da empresa e quais as componentes da i4.0 foco intrínsecos na sua empresa. Perceber qual o grau de conhecimento e aplicabilidade acerca da segurança informática	(2) A tua empresa está envolvida em projectos de desenvolvimento ou implementação de indústria 4.0? (3) Desenvolvimento e/ou acompanhamento de projectos com: (5) Que tecnologias usam? (19) Qual a importância da segurança informática para o tratamento de dados e gestão de dados pessoais? (20) Acreditas que estamos numa onda de revolução cibernética e cada vez mais deve haver um investimento das empresas nesse sentido?

Anexo 14: Seleção dos entrevistados e caracterização da amostra baseada no mercado

Nome	Posição	Empresa	Localização Física	Área de Atuação	Projectos	Componentes
Débora Lima	Gestora de Projecto	PrimeIT / Universidade do Porto	Porto	Serviços / Educação	Coordenação e implementação de processos de digitalização	Digitalização
Gonçalo Rebeca	Digital Performance Coordinator	Deeply Europe	Porto	Serviços e Digital	Coordenação de projetos de performance digital; Empreendedorismo e Consultoria digital	Digitalização
Marta Costa	Gestora de Projecto	Devscope	Porto	Serviços e Desenvolvimento de software	Coordenação de projetos de Business Inteligência e Digitalização	Digitalização Data Analyst
Rui Quintino	Artificial Intelligence and Analytics Strategy Advisor	Devscope	Porto	Serviços e Desenvolvimento de software	Coordenação e Desenvolvimento de projectos de Inteligência Artificial; Advanced Analyst e Segurança Informática	Data Analyst; Machine Learning; Segurança Informática; Inteligência Artificial
Alípio Torre	Coordinator	HiTech	Porto	Serviços e Consultoria	Promoção de atividades de desenvolvimento de produto e mercado	IoT; CPS; Big Data
Armindo Rodrigues	Gestor de Projecto	COTEC Portugal	Porto e Lisboa	Consultoria	Promoção, Acompanhamento e Monitorização de i4.0 em todos os setores de atividades, em Portugal	IoT; Digitalização; Machine Learning; Inteligência Artificial