

---

Estudo do Impacto dos Apoios à Implementação da Indústria 4.0 em Portugal

**Bruno Miguel da Silva Faria**

---

Dissertação  
Mestrado em Economia e Administração de Empresas

---

Orientado por  
**Professora Doutora Ana Cristina Correia Simões**  
**Professor Doutor José Pedro Coelho Rodrigues**

---

2019

## **Nota Biográfica**

Bruno Miguel da Silva Faria nasceu em Barcelos, a 29 de abril de 1994. Terminou o curso de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, da Universidade do Minho, em 2017, tendo optado por se especializar em Sistemas Mecatrónicos. No âmbito da realização da tese de mestrado, desse curso, realizou um estágio curricular na empresa Leica – Aparelhos Ópticos de Precisão S.A., tendo sido contratado e desempenhado funções até dezembro de 2017.

Com o objetivo de complementar a sua formação e com a vista à obtenção de conhecimentos numa nova área, iniciou, em setembro de 2017, o Mestrado em Economia e Administração de Empresas, da Faculdade de Economia do Porto. Paralelamente à frequência desse mestrado, em regime pós-laboral, obteve em março de 2018 uma Bolsa de Investigação para Mestre, no âmbito do projeto mobilizador 24529 – FAMEST (Footwear, Advanced Materials, Equipment's and Software Technologies), financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização, sobre o qual tem desempenhado funções no INEGI – Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial, a tempo inteiro, tendo como objetivo o desenvolvimento de hardware e software para a criação de calçado inteligente e sensorizado.

## **Agradecimentos**

Dedico este espaço ao reconhecimento do apoio e da ajuda de todas as pessoas e instituições que colaboraram para que a elaboração desta dissertação fosse possível.

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, Celeste e Joaquim, por me apoiarem na decisão de continuar a complementar a minha formação académica, mas também, pela educação e pelos valores que me inculcaram e que fazem de mim a pessoa que sou hoje.

Um agradecimento especial à minha irmã, Luísa, por me ter motivado e desafiado a procurar aprender e assimilar conhecimentos numa área diferente da minha formação de base, mas também por todos os esclarecimentos que me prestou ao longo destes dois anos.

À minha namorada, Carla, agradeço toda a paciência e todo o apoio que me deu durante todos os desafios que a realização deste mestrado propiciou.

Aos meus orientadores, Professora Doutora Ana Simões e Professor Doutor José Rodrigues, agradeço a disponibilidade que sempre demonstraram ao longo da realização desta dissertação e todo o apoio teórico e técnico que me deram.

À Faculdade de Economia do Porto, agradeço todos os recursos que disponibilizaram e possibilitaram a realização desta dissertação.

A todos os meus amigos e família, agradeço os momentos de alegria e de boa disposição que ajudaram a quebrar as rotinas e a monotonia.

## Resumo

Os avanços tecnológicos verificados nos últimos anos, como a *Internet of Things*, os repositórios *Big Data*, a inteligência artificial ou a manufatura aditiva, estão a despoletar uma 4ª Revolução Industrial. Esta nova revolução, também apelidada por Indústria 4.0, é caracterizada pela união do mundo físico com o mundo digital na criação de ecossistemas digitais que interligam os diferentes elos da cadeia de valor, desde os clientes, aos fornecedores passando pelos distribuidores. As empresas têm redefinido as suas estratégias segundo este novo paradigma, de modo a obterem uma vantagem competitiva. Estas ambicionam obter processos produtivos mais eficientes e mais flexíveis, capazes de produzir produtos de alta qualidade a custos reduzidos, apostando na customização em massa para satisfazer os seus clientes.

Neste contexto, os governos de diferentes países têm procurado implementar programas de apoio que propiciem a criação de um ambiente adequado para que as empresas adotem estratégias de inovação tecnológica. Apesar desses programas poderem divergir em alguns pontos todos eles tendem a promover a adaptação das competências dos trabalhadores, o desenvolvimento da oferta tecnológica e a modernização do tecido empresarial. No caso do Governo Português, este lançou também o seu programa de apoio à Indústria 4.0 sobre a designação de Portugal i4.0, que visa incentivar a digitalização da economia portuguesa. Complementarmente, tem apoiado, nos últimos anos, projetos neste âmbito através da mobilização de fundos europeus do programa Portugal 2020.

Deste modo, o presente estudo visa analisar se as empresas que receberam incentivos ao abrigo desse programa, para implementarem projetos inovadores, conseguiram obter ganhos de performance e competitividade significativos. Para tal, aplicou-se um método de inferência estatística que consistiu em analisar a diferença verificada em variáveis económicas e financeiras, entre o período que antecedeu e o período que sucedeu a implementação dos projetos, para um dado grupo de empresas selecionadas.

**Códigos JEL:** C12; L16; L60; M11; O31; O34

**Palavras-chave:** Indústria 4.0; Portugal 2020; Inovação Tecnológica; Competitividade; Desempenho económico; Desempenho financeiro

## **Abstract**

Technological advances verified in last years, such as Internet of Things, Big Data repositories, artificial intelligence or additive manufacturing, are triggering a Fourth Industrial Revolution. This new revolution, also known as Industry 4.0, is characterized by physical and digital worlds union in digital ecosystems creation that connect the different members in value chain, since clients to suppliers and distributors. Companies are redefining their strategies based on this new paradigm to obtain competitive advantage. They aspire to achieve more efficient and flexible productive processes that can produce high quality products at low costs, betting on mass customization to satisfy their clients.

Accordingly, country governments have sought to implement support programs that create a suitable environment for the adoption of technological innovation strategies by the companies. Although some programs may diverge in some points, they all try to promote workers skills adaptation, technological supply development and business modernization. The Portuguese Government also released its program for Industry 4.0 support, known as Portugal i4.0, which is intended to stimulate Portuguese economy digitalization. Furthermore, in last years, it has been supporting projects through European funds mobilizations from Portugal 2020 program.

Thereby, the present study aims to analyze if companies that received incentives from Portugal 2020 program to implement innovative projects were able to obtain significant performance and competitiveness gains. For such propose, it was applied an inference statistical method to analyze the difference verified in economics and financials indicators between the periods before and after projects implementation in a selected group of companies.

**JEL Codes:** C12; L16; L60; M11; O31; O34

**Keywords:** Industry 4.0; Portugal 2020; Technology Innovation; Competitiveness; Economic performance; Financial performance

## Índice

Nota Biográfica.....	ii
Agradecimentos .....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
1. Introdução .....	1
2. A Quarta Revolução Industrial – Indústria 4.0.....	4
2.1. Evolução do Setor Industrial .....	4
2.2. Tecnologias da Indústria 4.0.....	6
2.3. Impactos e Desafios da Indústria 4.0.....	9
3. Programas de Apoio à Indústria 4.0.....	14
3.1. Programas Estratégicos Internacionais.....	14
3.2. Programas Estratégicos Nacionais.....	18
4. Método.....	23
4.1. Seleção da Amostra.....	23
4.2. Método .....	24
4.3. Base de Dados .....	28
5. Apresentação de Resultados e Discussão .....	30
5.1. Análise Descritiva da Amostra .....	30
5.2. Resultados dos Teste de Hipóteses .....	32
5.3. Análise dos Resultados.....	34
5.4. Discussão dos Resultados .....	35
6. Conclusões .....	38
Referências Bibliográficas.....	41
Anexo I – Lista de Palavras-chave de Seleção .....	46
Anexo II – Informações sobre as Empresas da Amostra .....	47
Anexo III – Base de Dados do Estudo.....	50

## Índice de Figuras

Figura 1- Investimento previsto por subsetores industriais em mil milhões de U\$ por ano na Indústria 4.0, até 2020, adaptado de Correia et al. (2016) .....	2
Figura 2 - As transformações entre as quatro Revoluções Industriais, adaptado de Melanson (2019) .....	5
Figura 3 - As principais tecnologias associadas à Indústria 4.0, adaptado de Melanson (2019).....	9
Figura 4- Posição de Portugal no i4.0 Scoreboard, retirado de KPMG Portugal (2019).....	21
Figura 5- Classificação das empresas da amostra pela sua dimensão, elaboração própria (2019).....	30
Figura 6- Distribuição das empresas da amostra por regiões NUTS II, elaboração própria (2019).....	31
Figura 7- Montante global de despesas elegíveis e financiamento aprovado, elaboração própria (2019).....	32
Figura 8- Identificação dos fundos atribuídos às empresas da amostra, elaboração própria (2019).....	32
Figura 9- Impactos esperados pelas empresas com a Indústria 4.0, adaptado de Correia et al. (2016).....	36
Figura 10- Tempo de retorno previsto para investimentos na Indústria 4.0, adaptado de Correia et al. (2016) .....	37

## Índice de Tabelas

Tabela 1- Principais impactos e desafios da Indústria 4.0, elaboração própria (2019) .....	13
Tabela 2- Identificação da função de cálculo das variáveis de performance, adaptado de Correia & Costa (2019).....	28
Tabela 3 - Resultados dos testes de hipótese, elaboração própria (2019).....	33
Tabela 4- Taxa de crescimentos das variáveis de performance, elaboração própria (2019) .	33
Tabela 5- Lista de palavras-chave aplicadas na seleção da amostra, elaboração própria (2019).....	46
Tabela 6- Identificação das empresas e dos projetos da amostra, elaboração própria (2019) .....	47
Tabela 7- Base de dados utilizada no estudo, elaboração própria (2019) .....	50



## 1. Introdução

A globalização dos mercados tem pressionado as empresas para se manterem na vanguarda das suas áreas. Esta pressão tende a ter origem no ritmo acelerado de inovação das economias, com consumidores cada vez mais ávidos por novidades e produtos customizados, resultando em ciclos de produto cada vez mais curtos (Kagermann et al., 2013). Consequentemente, as empresas sentem-se obrigadas a adotar estratégias que lhes permitam tornarem-se mais competitivas, tendo tendência para apostarem em novas tecnologias que lhes permitam obter processos produtivos mais eficientes, e meios de ligação aos seus clientes mais interativos. Esta intenção de inovar através da adoção de tecnologias avançadas está a despoletar uma nova revolução industrial.

Atualmente, o paradigma da 4ª Revolução Industrial encontra-se presente na agenda das comissões executivas que pretendem identificar novas oportunidades para diversificar mercados e aumentar receitas (Correia et al., 2016). Através da adoção de novas ferramentas tecnológicas, as empresas procuram transformar as operações de toda a cadeia de valor, aumentando a eficiência, a flexibilidade e a fiabilidade, tornando as empresas mais ágeis (Correia et al., 2016). Desta forma, aquelas empresas que optarem por não melhorar as suas competências digitais correm o risco de serem ultrapassadas por novos concorrentes, mais preparados para um mundo digital.

A digitalização dos processos de negócio e de produção é fundamental pois permite melhorar a comunicação e a cooperação ao longo de toda a cadeia de valor. A partilha constante de informação com os clientes permite às empresas oferecer produtos customizados, que graças aos avanços dos processos de fabrico podem ser obtidos a preços mais competitivos (Pereira & Romero, 2017). Do mesmo modo, a ligação direta com os diferentes elementos da cadeia de abastecimento torna a gestão da cadeia muito mais eficiente.

A nova revolução industrial só é possível graças aos avanços tecnológicos dos últimos anos. O surgimento de redes de informação de nova geração, a aplicação da *Internet of Things* ao setor industrial, o recuso à identificação por radiofrequência e a utilização da análise de *Big Data* e da *Cloud Computing*, tem permitido recolher e analisar dados que tornam os processos produtivos mais rápidos, mais flexíveis e eficientes, capazes de fabricar produtos de qualidade a custos reduzidos (Rüßmann et al., 2015).

Deste modo é fundamental que as empresas sejam capazes de avaliar a sua atual maturidade digital e de definir uma estratégia adequada aos desafios que poderão enfrentar neste novo contexto tecnológico. Segundo um estudo efetuado pela PWC, publicado em 2016 (Correia et al., 2016), que contou com respostas de mais de 2000 empresas, de 26 países, concluiu-se que, à data, apenas 33% consideravam a sua empresa digitalmente avançada, i.e., possuíam um elevado grau de digitalização dos seus produtos, processos e serviços (Correia et al., 2016).

A concretização das diversas transformações para alinhar as empresas com os princípios da Indústria 4.0 implica um compromisso total por parte da administração e uma capacidade de comunicar a sua estratégia de mudança de forma clara a todos os *stakeholders* (Topleva, 2018). Visto que, a implementação das mudanças organizacionais e de processos produtivos segundo o novo paradigma podem implicar a realização de investimentos avultados. Globalmente, segundo o estudo da PWC, os principais subsectores industriais preveem investir cerca de 907 000 milhões de dólares por ano em prol da Indústria 4.0, até 2020 (Figura 1) (Correia et al., 2016).

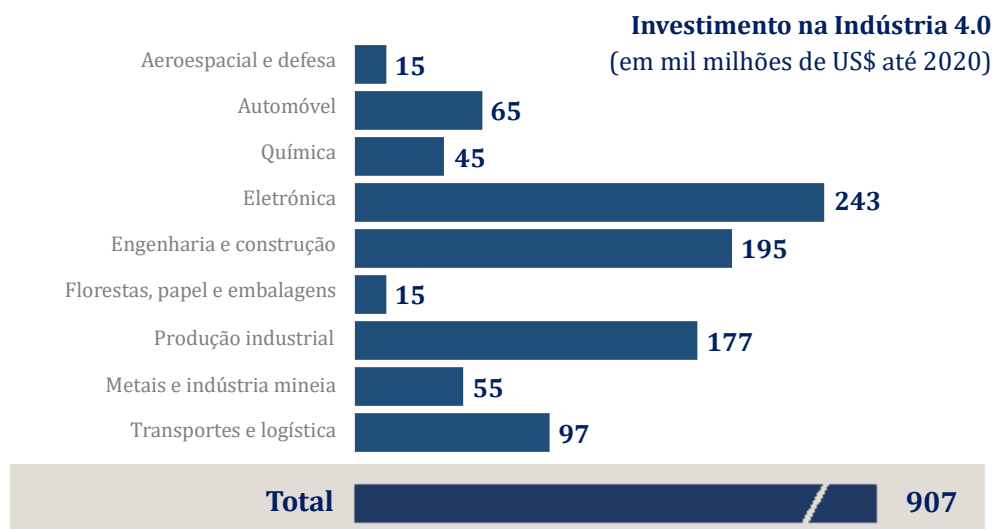


Figura 1- Investimento previsto por subsectores industriais em mil milhões de US\$ por ano na Indústria 4.0, até 2020, adaptado de Correia et al. (2016)

Uma das grandes motivações das empresas para apostarem em tecnologias de nova geração, que sustentam a Indústria 4.0 passa pela obtenção de vantagens competitivas em relação aos seus concorrentes. No entanto, a materialização das soluções i4.0 em vantagens competitivas está dependente da existência de um conjunto de recursos e capacidades

intrínsecas, mas também da existência de um ecossistema colaborativo capaz de potencializar as vantagens da aplicação dessas competências (Pereira & Romero, 2017).

Neste âmbito, torna-se absolutamente crucial que os governos implementem medidas que promovam a criação de condições favoráveis para a evolução do setor industrial. A criação de condições favoráveis ao desenvolvimento da Indústria 4.0 engloba inúmeros fatores, tais como, a criação de canais de financiamento, incentivos fiscais, infraestruturas tecnológicas, o acesso a mercados globais, a proximidade a centros de ensino e investigação e a capacitação de recursos humanos (Balasingham, 2016).

Assim sendo, pretende-se com este estudo avaliar se as empresas do setor industrial português estão a conseguir melhorar a sua performance e a obter ganhos de competitividade através da implementação de projetos enquadrados com o paradigma da Indústria 4.0. Para tal, foi analisada a evolução de um conjunto específico de variáveis económicas e financeiras de um dado grupo de empresas que implementaram projetos relacionados com esta temática através da aplicação de fundos do programa de apoio comunitário Portugal 2020. Mais concretamente, procurou-se verificar se existia um impacto positivo nessas variáveis no período após a implementação de projetos, comparando com o período anterior a essa implementação.

Para a elaboração deste documento foi adotada a estrutura que se considerou a mais apropriada para a apresentação e compreensão das diferentes temáticas envolvidas neste estudo. Assim, neste primeiro capítulo, é feita uma breve contextualização do tema e definido o objeto de estudo. No segundo capítulo é feito um enquadramento teórico sobre os diferentes conceitos relacionados com a Indústria 4.0, e realizada uma análise sobre os seus principais impactos e desafios. Complementarmente, no capítulo 3 é feita uma revisão dos diferentes programas governamentais de apoio à Indústria 4.0, com principal foco no programa estratégico do Governo Português, o programa Portugal i4.0. No quarto capítulo é explicado, de uma forma mais pormenorizada, o problema que se pretende tratar, apresentam-se o método de estudo aplicado. No capítulo 5 são analisados os resultados obtidos e discute-se como estes corroboram, ou não, os impactos esperados com a implementação de uma estratégia focada na Indústria 4.0. Finalmente, no último capítulo explicitam-se as conclusões obtidas através deste estudo, os seus principais obstáculos e limitações, bem como as possíveis linhas de investigação futuras.

## **2. A Quarta Revolução Industrial – Indústria 4.0**

Depois da invenção da máquina a vapor, da eletricidade, da produção em massa, da eletrónica e da produção automatizada, começa agora a discutir-se a próxima fase da manufatura com uma completa digitalização dos sistemas produtivos, interligando máquinas, pessoas e processos (Pereira e Romero, 2017). Através da adoção de tecnologias disruptivas e de novos modelos de negócio, orientados para o paradigma da Indústria 4.0, aproximadamente 57% das empresas portuguesas do setor industrial esperam um aumento médio da sua receita até 10%. Enquanto cerca de 55% têm como expectativa uma redução de custos acima dos 10% e sensivelmente 70% esperam obter ganhos de eficiência acima dos 10% (Correia et al., 2016).

### **2.1. Evolução do Setor Industrial**

A 1ª Revolução Industrial teve inicialmente origem em Inglaterra, no final do século XVIII, tendo posteriormente disseminando-se para outros países europeus, assim como para os Estados Unidos e para o Japão. Esta revolução despoletou sobretudo graças à invenção da máquina a vapor e à utilização do carvão como principal fonte energética, que permitiram o desenvolvimento das locomotivas e a criação das primeiras linhas ferroviárias. Para além disso, possibilitaram, por exemplo, a dinamização do setor têxtil com a introdução dos teares mecânicos. Deste modo, este período ficou acima de tudo marcado pela transição da produção manual e artesanal para a escala industrial o que gerou grandes aumentos de produtividade, mas também despoletou transformações sociais e geográficas profundas, com o surgimento de novas profissões e produtos, e um crescimento generalizado das cidades (Mokyr, 1994).

Com o desenvolvimento de novas fontes energéticas e a invenção de novos equipamentos surgiu no final do século XIX a 2ª Revolução Industrial. A utilização da eletricidade possibilitou a criação de linhas de produção em massa baseadas na divisão de tarefas. A gestão das funções de cada funcionário permitiu aumentar a sua eficiência e eficácia o que levou a uma diminuição dos custos e tempos de produção, e consequentemente a um aumento da produtividade e a uma redução dos preços dos produtos. Este período ficou também marcado pela criação do telégrafo, do telefone, da rádio, da televisão, dos automóveis, e ainda dos aviões (Acemoglu, 2002).

Através da invenção dos transístores e dos circuitos integrados (microchips), na década de 70, do século passado teve origem a 3ª Revolução Industrial. Os avanços tecnológicos da eletrónica viabilizaram a automação dos processos e dos equipamentos, permitindo complementar ou substituir as funções dos operadores. Por outro lado, o desenvolvimento das telecomunicações, principalmente com o surgimento da internet, provocou avanços significativos na informática e na criação de software, o que possibilitou o surgimento da robótica avançada e a concessão de programas de gestão e planeamento de recursos. Todos estes avanços visaram sobretudo o aumento da eficiência das fábricas e a redução de custos como forma de responder a uma economia mais competitiva e capitalista, com um aumento exponencial pela procura de bens e serviços (Schmidt et al., 2015).

Os avanços tecnológicos que ocorreram nos últimos anos levaram ao surgimento de novas tecnologias como a *Internet of Things*, a computação em nuvem, os repositórios *Big Data*, a inteligência artificial, a manufatura aditiva, entre outras. Dadas as suas potencialidades e as suas implicações nos modelos de gestão empresarial, estas tecnologias despoletaram a 4ª Revolução Industrial, apelidada como “Indústria 4.0” por Kagermann, em 2011, num manifesto sobre a estratégia da Alemanha para o setor industrial (Kagermann et al., 2013).

Através da Figura 2 é possível vislumbrar um diagrama que visa sintetizar as transformações que ocorreram entre as diferentes Revoluções Industriais.

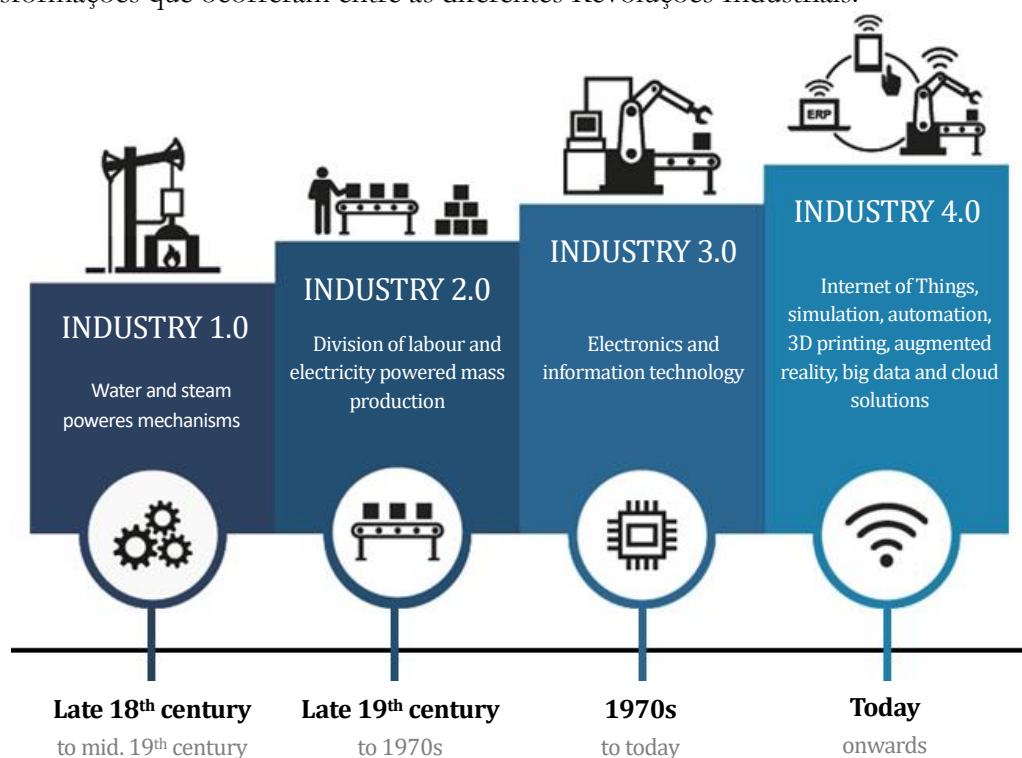


Figura 2 - As transformações entre as quatro Revoluções Industriais, adaptado de Melanson (2019)

Segundo Kagermann et al. (2013), a lógica subjacente à Indústria 4.0 é caracterizada por três dimensões de integração: a integração horizontal, a integração vertical e a integração digital de toda a cadeia de valor. A integração horizontal diz respeito à contínua conectividade entre todos os elementos de uma organização envolvidos no ciclo de vida de um produto, desde o desenvolvimento do produto ao marketing. Através da utilização de ferramentas como o *Manufacturing Execution System* (MES) ou o *Computer-aided Process Planning* (CAPP) é possível tornar a utilização de recursos das empresas mais eficaz e eficiente, quer se trate de gerir e processar informações e dados, ou recursos humanos, de forma a criar-se um ambiente produtivo altamente dinâmico (Moeuf, 2018).

Relativamente à integração horizontal esta é alcançada por intermédio da utilização das novas tecnologias para trocar e gerir informações entre os diferentes intervenientes do processo, permitindo uma estreita colaboração entre clientes, fornecedores e parceiros de negócios (Weyer et al., 2015). Esta dimensão é fundamental para que se criem novas redes de valor globais otimizadas, em tempo real, baseadas na rastreabilidade e transparência de todo o processo logístico, que possibilita que mesmo em caso de terceirizações, a empresa não perca o controlo do processo (Rüßmann et al., 2015).

Por outro lado, a integração digital de toda a cadeia de valor (*end-to-end digital integration*) só é possível através da integração horizontal e vertical, visto que esta dimensão procura recolher informações do produto ao longo do seu ciclo de vida (Shrouf et al., 2014). Iniciando-se pela troca de informações com o cliente durante o processo de design, passando pela recolha de informações sobre o estado do produto durante o seu ciclo de vida e terminando com a identificação das partes que podem ser recicladas ou reutilizadas (Chen, 2017).

## **2.2. Tecnologias da Indústria 4.0**

A Indústria 4.0 visa tirar partido dos avanços tecnológicos emergentes para melhorar o desempenho do setor industrial, de modo a permitir às organizações manterem-se competitivas. O objetivo deste novo paradigma é unir o mundo físico com o mundo digital nomeadamente através da criação dos chamados *Cyber-Physical Systems* (CPS), que permitem a total digitalização dos ativos físicos e a sua integração em ecossistemas digitais (Kagermann et al., 2013). Este princípio é fundamental para o desenvolvimento de processos produtivos inteligentes, compostos por máquinas e dispositivos sensorizados, com a capacidade para

comunicarem, em tempo real, entre si e com outros elementos da cadeia de valor, por forma a adaptarem-se agilmente a diferentes cenários (Chen, 2017).

A implementação dos CPS permite a criação das chamadas *Smart Factories*, que são caracterizadas pela utilização de tecnologias de ponta quer em termos na utilização da robótica avançada para a realização de tarefas complexas, quer na robótica colaborativa com capacidade de trabalhar sinergicamente com operadores humanos (Shrouf, 2014). Contudo, o grande desafio destas “Fábricas Inteligentes” é o de conseguir garantir que os diferentes robôs, máquinas, equipamentos e restantes elementos da cadeia de valor consigam comunicar entre si de forma rápida e estável. Deste modo uma das tecnologias fundamentais para a implementação da Indústria 4.0 é a *Internet of Things* (IoT).

A IoT permite a conexão de todos os elementos de um sistema produtivo via internet. Dada a capacidade deste método de comunicação é possível otimizar não só a recolha de dados, mas também aumentar a quantidade e qualidade, para além disso possibilita o controlo e a gestão do fluxo de informações (Witkowski, 2017). Todavia, para aplicação em setores indústrias de elevada exigência torna-se essencial um sistema de IoT mais robusto, capaz de conferir a confiabilidade e segurança exigidas pela indústria, pelo que foi criada a *Industrial Internet of Things* (IIoT). Esta nova tipologia foi projetada para ser compatível com vários tipos de dispositivos (máquinas, robôs, transportadores, equipamentos de teste, etc.) quer comuniquem por protocolos mais modernos ou mais antigos (Mourtzis et al., 2016).

Para que as redes de IoT e de IIoT funcionem da forma pretendida é indispensável a implementação de redes de comunicação 5G. Estas redes de nova geração prometem trazer a confiabilidade, a latência, a escalabilidade e a mobilidade omnipresente necessária para vários tipos de aplicação da IoT, como, por exemplo, o controlo de veículos transportadores autónomos. Com um grau de confiabilidade de 99,999% e um tempo de latência inferior a 1ms, o 5G permite a troca de informação de forma, praticamente, instantânea (Rao & Prasad, 2018).

Como exemplo da utilização da IoT pode-se referir a viabilidade do uso da tecnologia RFID para melhorar o fluxo de produção. O RFID funciona com base na emissão de sinais de rádio que permitem identificar e aceder a informações contidas em *tags*, que podem ser incorporadas em objetos. Graças a estas características, através desta tecnologia é possível conhecer-se a identidade, a localização atual, a condição e a história de um objeto sem nenhuma intervenção humana, conseguindo-se assim uma rastreabilidade total dos objetos

e uma redução de custos relacionados com a perda de material ou erros de transporte (Aydos & Ferreira, 2016).

Um grande objetivo da Indústria 4.0 é retirar partido da enorme quantidade de dados gerada e recolhida através da utilização da capacidade de computação, de modo a melhorar o processo de tomada de decisão. O desafio prende-se, então, com o modo de processar a informação para que a decisão correta possa ser tomada automaticamente por um computador no momento certo e no local certo, com pouca ou nenhuma intervenção humana. Neste sentido, várias têm sido as tecnologias desenvolvidas para dar resposta a esse desvio, como por exemplo a análise de *Big Data*, o *Machine Learning* ou a inteligência artificial (Pereira & Romero, 2017).

A análise de *Big Data* visa explorar a enorme quantidade de dados disponível em busca de *clusters* e correlações ocultas, para que padrões sistemáticos possam ser reconhecidos. Por exemplo, a análise preditiva é uma das áreas em que esta tecnologia tem mais potencialidade, visto que através dela é possível identificar indícios que alguma falha se esteja a desenvolver num equipamento, permitindo agir preventivamente, reduzindo, assim, os custos com reparações mais profundas ou o tempo de inatividade. Outra tecnologia que visa tirar partido dos dados recolhidos é o *Machine Learning* que procura através de algoritmos computacionais entender e aprender o modo como vários sistemas se relacionam entre si, com o objetivo de auxiliar a tomada de decisão de modo eficaz (Lee et al.,2014).

O paradigma da Indústria 4.0 procura promover, para além da partilha de informação, a partilha de capacidades. Neste sentido o *Cloud Computing* permite às empresas um acesso remoto a recursos que não dispõem, como, por exemplo, capacidade de armazenamento de dados ou softwares especializados.

Em termos de processos produtivos têm sido feitos grandes avanços no que respeita à utilização da Manufatura Aditiva (vulgarmente referida como Impressão 3D). Este processo de fabrico, ao contrário dos convencionais processos subtrativos, visa adição de material como forma de obtenção do objeto projetado. Dada a sua versatilidade este método permite a materialização de objetos com geometrias complexas revelando-se eficiente na produção de protótipos e de lotes de séries reduzidas e sobretudo na criação de produtos customizados (Gaub, 2016).

O esquema da Figura 3 sintetiza as principais tecnologias associadas à Indústria 4.0.



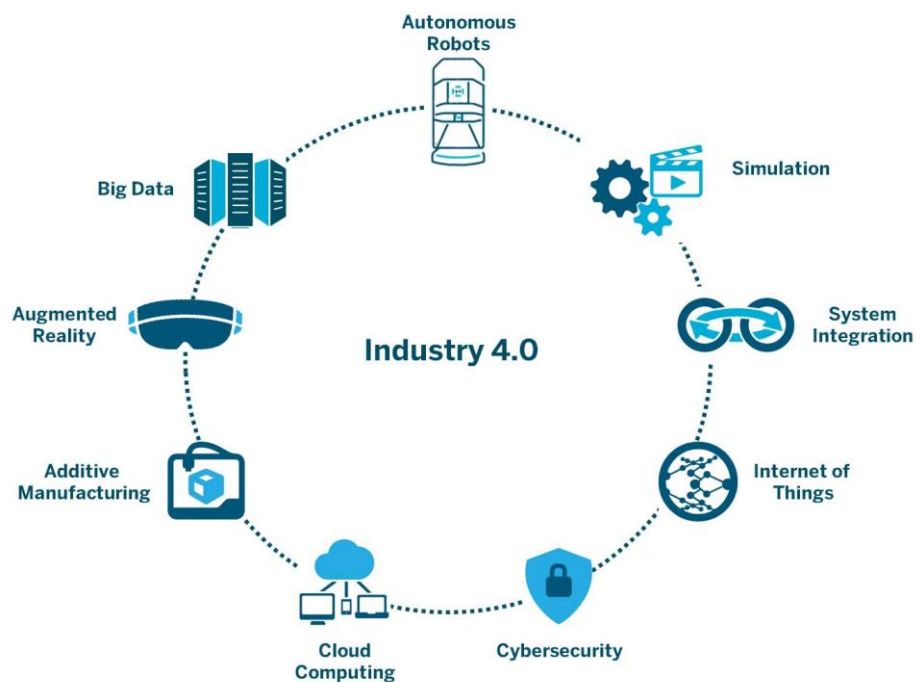


Figura 3 - As principais tecnologias associadas à Indústria 4.0, adaptado de Melanson (2019)

### 2.3. Impactos e Desafios da Indústria 4.0

As anteriores revoluções industriais tiveram um forte impacto, sobretudo, ao nível do chão de fábrica e dos processos produtivos. No entanto, espera-se que a 4ª Revolução Industrial tenha um impacto mais amplo e altere a versatilidade das organizações. Para além de se perspetivar uma melhoria dos processos produtivos, com a introdução das novas tecnologias, este novo paradigma tem implicações em toda a cadeia de valor, alterando a forma como as organizações se relacionam com os seus fornecedores e clientes (Pereira & Romero, 2017).

Por exemplo, segundo o estudo realizado por Simões et al. (2019), um dos principais impactos da aplicação de robôs colaborativos nas linhas de produção das fábricas é a obtenção de ganhos de eficiência operacional. Os participantes desse estudo referiram que a introdução dessa tecnologia permite melhorar a produtividade e a qualidade dos produtos, aumentar o grau de flexibilidade e otimizar a utilização do espaço de trabalho.

Por outro lado, com a utilização da IoT na monitorização dos equipamentos é possível, através do processamento da informação recolhida, detetar o surgimento de anomalias. Desta forma consegue-se identificar/prever possíveis falhas nos processos de produtivos, o que permite realizar autonomamente correções aos parâmetros de fabrico ou

aplicar estratégias de manutenção preditiva. De modo semelhante, essa informação também pode ser utilizada para gerar alertas e interromper o funcionamento da máquina, de modo a não dar continuidade à produção de produtos defeituosos. Como resultados destas ações observa-se uma redução do desperdício de recursos e uma melhoria da qualidade dos produtos. Outra vantagem que a utilização do IoT pode representar para as organizações prende-se com a melhoria da eficiência energética. Através da análise dos ciclos produtivos é possível tomar decisões que melhorem o planeamento das linhas de produção em função da minimização do consumo energético (Nagy et al., 2018).

A conjugação das várias novas tecnologias associadas à Indústria 4.0 acabaram por viabilizar a aplicação do conceito Customização em Massa. Este conceito visa a produção de séries de baixo volume, podendo mesmo representar a fabricação de lotes unitários. Com a capacidade tecnológica não era possível obter o grau de flexibilidade necessária para tornar estas séries rentáveis, pelo que as empresas priorizavam a produção padronizada, ou seja, com poucas opções de modelos e/ou produtos. Através desta nova filosofia os produtos tornam-se mais modulares e configuráveis, permitindo dar resposta aos requisitos específicos de cada cliente (Prause e Atari, 2017).

Deste modo, este novo paradigma produtivo apresenta um maior enfoque na inovação, no design customizado e na qualidade percebida para os produtos e serviços, mas também na forma como se estabelece a relação entre os diferentes intervenientes na cadeia de valor. Consequentemente, os modelos de negócio têm vindo a ser alterados, por exemplo, no que diz respeito à forma como os produtos são vendidos e entregues aos clientes (Pereira & Romero, 2017).

Outro grande impacto da Indústria 4.0 é a forma como os recursos humanos são aplicados e o modo como eles interagem como os CPS. O papel dos recursos humanos nas empresas está a sofrer grandes transformações, sendo que a tendência é que as tarefas rotineiras sejam substituídas por *Cyber-Physical Systems*, alterando-se deste modo o perfil de competências desejadas para os funcionários (Kagermann et al., 2013).

Neste cenário é possível admitir que esta nova revolução industrial irá aumentar o número de postos de trabalho, devido ao surgimento de novas profissões e áreas de negócio (Schwab, 2017). Contudo, também é possível especular que a substituição da mão-de-obra por equipamentos robóticos autônomos possa elevar os níveis de desemprego atuais (Rüßmann et al., 2015). No curto prazo, a tendência poderá ser a dispensa de funcionários

menos qualificados, em paralelo com um aumento da procura por funcionários com competências em desenvolvimento de software e utilização de tecnologias digitais (Rüßmann et al., 2015).

Outra perspetiva a ter sobre o impacto das alterações em prol da Indústria 4.0 é o da modificação dos conceitos da meritocracia e da remuneração do trabalho, visto que grande parte da riqueza e do valor adicionado aos negócios seriam gerados pelos CPS, existindo um menor peso atribuído à contribuição dos recursos humanos. Esta perspetiva tem levado a países como a Suíça, a Finlândia, a Islândia e a Noruega a discutirem alternativas de garantir uma renda mínima para a população, independente da sua situação de emprego. No caso da Suíça, o país realizou em 2016 um referendo visando a implementação desta mediada, que nesse momento foi rejeitada. Por outro lado, a Finlândia possui neste momento um projeto piloto, com um número limitado de famílias, que recebem uma renda mínima, independente de estarem empregados ou não (Santos, 2018).

Com a sofisticação dos processos produtivos e organizativos, e sua interconetividade, observa-se uma alteração do ciclo de vida dos produtos, do ambiente laboral e do mercado de trabalho, o que origina o aparecimento de novos desafios (Kagermann et al., 2013). Desta forma, para que as empresas conseguissem melhorar a sua competitividade é crucial que os seus gestores preparem as empresas para a transformação digital, adotando os melhores recursos e a estrutura adequada para os desafios que irão enfrentar (Erol et al., 2016).

Alguns dos desafios que as empresas podem enfrentar no processo de evolução para a Indústria 4.0 prendem-se com a sua capacidade para gerir processos de mudança. Como em qualquer cenário de mudança organizacional é de esperar resistência por parte de alguns membros da empresa pelo que é fundamental que seja estabelecido um plano de implementação que seja consistente com a realidade da empresa (Barros et al., 2017). Por exemplo, pode ser aconselhável a execução de projetos pilotos que ajudem a preparar a organização para um processo de transformação mais abrangente, quer no que concerne à capacitação de recursos humanos, como no que se refere à criação de infraestruturas adequadas à implementação de novas tecnologias (Correia et al., 2016).

Para que as empresas consigam alcançar os benefícios esperados pela mudança em direção aos princípios da Indústria 4.0 é espetável que estas tenham a necessidade de realizem avultados investimentos. As empresas com maior grau de maturidade digital e com volumes de negócios elevados serão, à partida, aquelas com maior fulgor para investirem em

novas tecnologias que lhes permitam gerar retornos em tempos razoáveis (Correia et al., 2016). No entanto, muitas empresas do setor industrial, principalmente PMEs, possuem margens muito apertadas, que não lhes possibilitam assumir maiores graus de risco estratégico. Também a falta de variáveis capazes de medir eficazmente os impactos da alteração da estratégia poderão ser entraves ao investimento. Assim sendo, poderá ser conveniente que estas empresas optem por encontrar tecnologias de transição ou reverter equipamentos existentes, de modo a não comprometer nem sua sustentabilidade, nem a sua posição competitiva (Müller et al., 2018).

A par do investimento em capital o investimento em recursos humanos será um fator crítico neste processo de transformação. Segundo dados do Eurostat cerca de 40% dos trabalhadores europeus apresentam um nível insuficiente de competências digitais (Comissão Europeia, 2016). Os empregos neste novo contexto irão exigir uma combinação de competências multidisciplinares, que o atual sistema educativo e formativo não é capaz de responder. Desta forma, este campo deverá ser uma das maiores preocupações das empresas e dos Governos, que deverão conjugar esforços para que se formem e requalifiquem trabalhadores com o intuito de os enquadrar com as novas tendências e oportunidades tecnológicas. Para além, de promover uma interdisciplinidade entre várias áreas da engenharia (engenharia Mecânica, Eletrónica e Informática), também deverá preparar gestores para que estes possam vir a adaptar a sua estratégia de gestão às novas exigências do mercado (Maresova et al., 2018).

Outro grande desafio prende-se com criação de standards que permitam a interoperabilidade entre os diferentes sistemas. A definição de uma arquitetura de referência que respeite um conjunto de normas e padrões será fundamental para assegurar que todos os utilizadores e processos possam comunicar de forma eficaz, criando-se uma rede que liga agilmente a produção e os sistemas de gestão (Müller et al., 2018).

Com o aumento do número de equipamentos e produtos conectados, questões relacionadas com a confiabilidade, a disponibilidade dos sistemas, e a segurança operacional dos mesmos, passam a ser desafios importantes na gestão das organizações. Deste modo, investimentos em cibersegurança são imprescindíveis como forma a prevenir situações de manipulação de dados, acesso remoto não autorizado, perda de propriedade intelectual, ou em casos extremos a “sabotagem” de instalações. De outro ponto de vista, a geração de dados por uma multiplicidade de novos produtos inteligentes levanta questões sobre os

direitos fundamentais de proteção de dados e privacidade (Thames & Schaefer, 2017).

Na tabela seguinte encontram-se enumerados os principais impactos e desafios perspectivados pela implementação de uma estratégia em prol da Indústria 4.0.

Tabela 1- Principais impactos e desafios da Indústria 4.0, elaboração própria (2019)

Impactos	Desafios
Eficiência operacional	Alinhamento com a estratégia organizacional
Aumento da produtividade	Resistência à mudança
Redução de custos	Investimento em infraestruturas e tecnologias
Customização em massa	Capacitação dos recursos humanos
Relação com a cadeia logística	Criação de standards
Mercado de trabalho	Cibersegurança

### **3. Programas de Apoio à Indústria 4.0**

As instituições governamentais de vários países têm ao longo dos últimos anos desenvolvido programas estratégicos que visam a transformação profunda dos seus setores industriais. Conscientes dos potenciais impactos que a adoção das novas tecnologias digitais poderá ter nos níveis de eficiência e ganhos de competitividade das suas economias, os governos têm aplicado políticas que procuram tirar partido dos pontos fortes das suas indústrias, mas também, mitigar as suas lacunas.

Os programas estratégicos dos diferentes países que se procuram se adaptar à 4ª Revolução Industrial tendem a seguir diferentes abordagens consoante as suas tradições políticas, o seu grau de centralização, as suas infraestruturas institucionais, bem como, o tipo de tecnologias que privilegiam (IEDI, 2018). Contudo, verifica-se que existem pontos comuns significativos, sobretudo no que se refere à adaptação das competências dos trabalhadores, ao desenvolvimento da oferta tecnológica e à modernização do tecido empresarial (Bidet-Mayer & Ciet, 2016). De ressaltar ainda que a cooperação internacional é uma prioridade conjunta, no que concerne à padronização das tecnologias digitais e à transferência de conhecimento científico e tecnológico (Correia et al., 2016).

#### **3.1. Programas Estratégicos Internacionais**

O perfil das políticas adotadas pelos diferentes governos em prol da Indústria 4.0 procura promover a concretização de objetivos específicos. Países como a Alemanha, Coreia do Sul ou Japão pretendem através das suas políticas assegurar as suas posições estratégicas em face à concorrência crescente. Já países como os Estados Unidos da América, a França, a Itália ou o Reino Unido tencionam melhorar o seu desempenho através do reforço do peso dos setores produtivos nas suas economias. Por outro lado, existem países que tencionam alcançar as economias mais desenvolvidas através do crescimento da sua indústria, particularmente no segmento da tecnologia de ponta, como é o caso da China ou da Índia (IEDI, 2018).

A Alemanha foi o primeiro país a definir um programa direcionado para a promoção da 4ª Revolução Industrial. Esse programa, lançado oficialmente em 2013, foi enquadrado no Plano de Ação Estratégico para a Tecnologia de Ponta 2020 do governo alemão, tendo sido designado por *Plattform Industrie 4.0* (Klitou & Conrads, 2017). Focado em tornar o país

líder no desenvolvimento de sistemas ciber-físicos e na utilização da *Internet of Things* para a promoção da criação de *Smart Factories*, esse programa contou com um financiamento na ordem dos 200 milhões de euros. Como resultado os líderes de setores como a construção automóvel, o fabrico de máquinas ou de tecnologias de automação, comprometeram-se em investir mais de 2.500 milhões de euros ao longo de dez anos (Kagermann et al., 2016).

Com a crise de 2008 a França passou a conferir ao setor industrial uma posição de destaque na prosperidade da sua economia. Como forma de reverter o seu quadro de desindustrialização as autoridades governamentais criaram, em 2015, a iniciativa *Alliance pour l'Industrie du Futur* (Klitou & Conrads, 2017). Decidida a promover a modernização do seu parque industrial, através da aposta em tecnologias como a manufatura aditiva ou a realidade virtual, e a transformar os seus modelos de negócio pela utilização das tecnologias digitais, foi criada uma linha de crédito de cerca de 2.200 milhões de euros e instituídos benefícios fiscais para as empresas que aderissem ao novo paradigma industrial (Buhr & Stehnen, 2018).

Em Itália a maior parte da indústria transformadora encontra-se localizada na região norte do país o que gera grandes discrepâncias de competitividade em relação à região sul. Por forma a dinamizar o setor industrial o Ministério para o Desenvolvimento Económico criou um plano estratégico, denominado de *Piano Nazionale Industria 4.0 2017-2020* (Klitou & Conrads, 2017). Este plano procura promover o investimento em tecnologias inovadoras, criar infraestruturas adequadas ao desenvolvimento tecnológico, habilitar os cidadãos de capacidades digitais e assegurar o apoio por parte das instituições governamentais. O financiamento às empresas ocorre sobretudo através de incentivos fiscais, de mecanismos de aumento de amortizações e de um aumento dos créditos fiscais para despesas relacionadas com pesquisa, desenvolvimento e inovação (Kagermann et al., 2016).

Até ao momento o Reino Unido não lançou nenhum programa governamental direcionado para promover a Indústria 4.0. No entanto, tem lançado um conjunto de medidas ao abrigo do seu projeto *Catapult*, mais concretamente através do programa *High Value Manufacturing Catapult*, que visam incentivar a investigação em tecnologias emergentes e promover a transferências do conhecimento dos institutos de investigação para as empresas (Klitou & Conrads, 2017). Com a perspetiva do cenário pós *Brexit* em mente o governo britânico lançou uma nova estratégia industrial que procura alavancar as áreas nas quais existe um maior potencial para se tornarem líderes tecnológicos, como a análise de dados (*Big Data*)

ou a Inteligência Artificial (Buhr & Stehnen, 2018).

Com o intuito de apoiar os programas governamentais e promover um desenvolvimento agregado de toda a União Europeia, a Comissão Europeia (CE), lançou em 2016 a estratégia europeia para a Digitalização da Indústria (Comissão Europeia, 2016). Tendo como base uma abordagem comunitária a CE comprometeu-se a:

- promover a coordenação de iniciativas nacionais e regionais que visem a digitalização da indústria, mediante um diálogo permanente a nível da UE com todos os intervenientes em causa;
- estabelecer projetos-piloto de larga escala para reforçar a *Internet of Things*, o fabrico avançado e tecnologias relativas a cidades e casas inteligentes, automóveis conectados ou serviços de saúde móvel assíncrono;
- apresentar uma Agenda para Novas Competências da UE, a qual contribuirá para dotar as pessoas das competências necessárias para os empregos da era digital;
- adotar legislação orientada para o futuro que apoiará a livre circulação de dados e clarificará os direitos de propriedade dos dados gerados por sensores e dispositivos inteligentes;
- colaborar na definição de uma língua comum, traduzida em padrões e normas, nomeadamente, no domínio do 5G, da computação em nuvem, da *Internet of Things* das tecnologias de dados e da cibersegurança.

Financeiramente a CE decidiu investir em parcerias público-privadas e incentivar a procura das oportunidades oferecidas pelo Plano de Investimento da UE e pelos Fundos Europeus Estruturais e de Investimento. Para além disso, propôs-se a aplicar 500 milhões de euros na criação de uma rede pan-europeia de pólos de inovação digital (centros de excelência em tecnologia) no âmbito da qual as empresas podem obter aconselhamento e testar inovações digitais. No seu conjunto, as diferentes medidas adotadas permitirão mobilizar mais de 50 mil milhões de euros de investimentos públicos e privados para apoio à digitalização da indústria (Siemens, 2017).

No caso dos Estados Unidos da América a sua necessidade de investir na revitalização do setor industrial deveu-se ao facto de durante as últimas décadas se tenha observado uma deslocação das unidades produtivas das suas empresas para outros países. Este fenómeno afetou a capacidade de inovação americana pelo que houve a necessidade de



criar o programa *Advanced Manufacturing Partnership*. Através do investimento em institutos de inovação o governo americano procurou acelerar o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias de produção avançadas, especialmente em setores como o têxtil ou as farmacêuticas, mas também promoveu a utilização de tecnologias relacionadas com a manufatura aditiva e a utilização de novos materiais (compósitos avançados, ligas metálicas ultraleves, etc) (Bleimann et al., 2016).

Inspirada pelo programa da Alemanha para a promoção da Indústria 4.0, a China lançou, em 2015, o seu programa estratégico *Made in China 2025*, com o objetivo muito claro de se tornar líder no fabrico de produtos de alta qualidade e de alto valor tecnológico (IEDI, 2018). Para isso foram disponibilizados 22.000 milhões de euros em fundos para promoção do desenvolvimento de tecnologias de fabrico inteligente, destinados principalmente à modernização do seu parque industrial, à obtenção de autonomia tecnológica e à priorização da produção de equipamentos tecnologicamente avançados (Petrillo et al., 2018).

Apesar da Índia não possuir um programa governamental especialmente vocacionado ao estímulo da Indústria 4.0, o país procura reforçar a sua posição mundial através de iniciativas lançadas ao abrigo do plano *Make in India*. O país pretende tornar a indústria transformadora no motor do seu crescimento económico, tendo como intenção elevar o seu contributo para o PIB de 16% para 25%. As suas políticas visam sobretudo atrair investimento direto estrangeiro, por forma a acelerar a introdução de tecnologias de produção avançadas, e a correção das deficiências estruturais do país (IEDI, 2018).

Com o objetivo de manter a sua posição de liderança a Coreia do Sul, criou o seu plano industrial estratégico, designado por *Industry Innovation Movement 3.0*. Este programa pretende fomentar a criação de um ecossistema industrial avançado, voltado para a utilização da Inteligência Artificial, de técnicas de produção como a Manufatura Aditiva e a exploração da utilização de dados através do *Big Data*. Para tal o governo disponibiliza financiamento para que as PMEs substituam as suas antigas instalações por fábricas inteligentes (Park, 2016).

Por sua vez, o Japão decidiu adotar uma estratégia proactiva e introduziu, em 2015, a iniciativa *Industrial Value Chain Initiative*, de modo a fortalecer a competitividade do seu país e a criar novos mercados em setores estratégicos. O governo pretende integrar a robótica avançada com a Inteligência Artificial como forma de obter ganhos de eficiência e produtividade, promovendo a transformação da economia e da sociedade (Oks et al., 2017).

### 3.2. Programas Estratégicos Nacionais

A 4ª Revolução Industrial é uma notória oportunidade para que Portugal consiga suplantando as suas típicas barreiras competitivas, tais como a falta de escala de mercado interno e a localização periférica. Segundo o Digital Economy & Society Index (2016), da Comissão Europeia, Portugal, em termos de nível da competitividade digital, encontrava-se na 15ª posição, acima da média da EU. Num outro estudo, da UBS, que analisou 45 países, Portugal posicionava-se como a 23ª economia mais preparada a adotar a Indústria 4.0 de um conjunto de 45 países analisados, tendo as suas infraestruturas, capacidade de inovação e competências gerais como a sua principal mais-valia. Como conclusão desses estudos pode-se inferir que apesar do país apresentar um razoável grau de preparação isso não se refletia no seu atual nível de competitividade (COTEC, 2018).

Com o objetivo de gerar as condições para o desenvolvimento da indústria e serviços nacionais na era digital, e promover a adoção de novas tecnologias nos modelos de negócio, o Ministério da Economia lançou, em 2017, a fase I do programa “Portugal i4.0”. Para a elaboração deste programa foram realizadas entrevistas, workshops e audições com os principais *stakeholders* de diferentes setores da economia portuguesa, tendo-se contabilizado a participação de mais de 200 entidades e empresas de diferentes sectores, entre elas empresas multinacionais como a Bosch, a Volkswagen, a Altice-PT, a Siemens, a Microsoft, a Google, a Huawei ou a Deloitte (República Portuguesa, 2018).

O plano estratégico da fase I do Portugal i4.0 era composto por 60 medidas públicas e privadas agrupadas em seis grandes eixos de atuação prioritária: Capacitação dos Recursos Humanos; Ecosistema de Cooperação; StartUp i4; Financiamento e apoio ao investimento; Internacionalização; Adaptação legal e normativa. Estes eixos visavam alcançar três objetivos (IAPMEI, 2018):

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

Segundo o eixo de atuação “Capacitação de Recursos Humanos” pretendeu-se adequar os conteúdos formativos do sistema de ensino nacional às novas tecnologias e promover medidas de requalificação e formação de profissionais. Para tal, criaram-se

Programas de Competências Digitais e Cursos Técnicos para a Indústria 4.0, conceberam-se *Learning Factories* e deu-se continuidade a iniciativas já em curso, como a Fabtec (Laboratório de Processos e Tecnologias para Sistemas Avançados de Produção), a Introsys Training Academy, e a Academy 360 Room (COTEC, 2018).

Através do eixo de atuação “Ecosistema de Cooperação”, o Governo fomentou a cooperação entre universidades, empresas, associações empresariais, centros tecnológicos, organismos públicos e outros *stakeholders* (COTEC, 2018). Esta iniciativa levou à criação de laboratórios para desenvolvimento de tecnologia para manufatura aditiva avançada (projeto Adira Industry 4.0), ao desenvolvimento de soluções para casas inteligentes e para digitalização de equipamentos (protocolo entre a Bosch e a Universidade de Aveiro), ou ainda, permitiu a formação do Consórcio PSA Mangualde, constituído por 3 universidades e 5 parceiros tecnológicos, que visou o desenvolvimento de sistemas robóticos inteligentes (robôs colaborativos, sistemas avançados de inspeção e rastreabilidade ou sistemas autónomos de movimentação) (República Portuguesa, 2018).

Dada a importância reconhecida às *startups* na inovação tecnológica o governo apoiou, através do eixo “StartUp i4”, a criação de Aceleradoras e Incubadoras de *startups*, com o intuito de promover a transformação de ideias em produtos. As *startups* portuguesas Bee Very Creative, Follow Inspiration, Mobi.Me e Prodsmart, são alguns dos exemplos de *startups* que foram apoiadas neste âmbito (República Portuguesa, 2018).

De modo a acelerar os investimentos e a adesão por parte do tecido empresarial nacional o Governo prevê, através do eixo “Financiamento e apoio ao investimento” do programa Portugal i4.0, a injeção de até 4.500 milhões de euros, na economia portuguesa, nos próximos anos, sendo que cerca de metade desse valor, até 2,26 mil milhões, estão a ser mobilizados a partir dos Fundos Europeus Estruturais e de Investimento, através do Portugal 2020. Mais concretamente foi definido um conjunto de medidas que visam a concretização dos financiamentos e do apoio ao investimento, destacando-se um instrumento chamado Vale Indústria 4.0, com um valor global de 12 milhões de euros, destinado a apoiar a transformação digital de microempresas e PME's em projetos no âmbito do desenvolvimento de comércio eletrónico e marketing digital (como a contratação de sites de comércio eletrónico ou softwares de gestão fabril a prestadores certificados) (Portugal 2020, 2018).

O eixo de atuação para a “Internacionalização” destinou-se a promover o

posicionamento e a notoriedade internacionais da indústria portuguesa, e a apoiar as empresas no processo de internacionalização, no sentido de adaptação à realidade da economia global. Para tal, foi estimulada a participação em missões com comitivas nacionais, lideradas por representantes do Governo, em eventos/feiras (ex.: Hannover Messe) e em cidades/regiões e polos industriais (ex.: missões a Lombardia e País Basco) (COTEC, 2018).

Para além do programa “Portugal i4.0”, o Governo viabilizou, também, o lançamento de uma linha de crédito para o apoio às exportações das PME’s, através da “PME Investimentos”. Esta linha permite antecipar receitas da venda a taxas de juro bonificadas, mitigando assim o risco de empresas exportadoras de tecnologia inovadora de equipamentos que integram tecnologias 4.0 (República Portuguesa, 2018).

Outro desafio ao qual o Governo procurou responder foi o de garantir a adaptabilidade legal e a normalização técnica face aos desafios da nova revolução industrial, através do eixo “Adaptação legal e normativa”. Uma vez que se torna essencial estabelecerem-se garantias legais que proporcionem segurança jurídica e estabelecer-se um quadro regulamentar que incentive tanto a oferta como a adoção da tecnologia (República Portuguesa, 2018).

Após dois anos de execução da fase I do programa Portugal i4.0, que teve sobretudo um cariz mobilizador e demonstrador, observa-se que 95% das medidas foram executadas, sendo que mais de 24 mil empresas e 550 mil pessoas foram abrangidas pelas diferentes iniciativas (KPMG Portugal, 2019). Em abril de 2019, foi lançada a fase II do programa caracterizada por apresentar uma lógica mais transformadora, destinada a ampliar o número de empresas que verdadeiramente capitalizam os benefícios da Indústria 4.0 (KPMG Portugal, 2019). As principais medidas desta segunda fase são descritas mais à frente.

Com a análise dos resultados da fase I pode-se verificar que foram as empresas com uma maior sensibilização para os temas e benefícios relacionados com a Indústria 4.0 e com uma maior disponibilidade de recursos e competências que mais beneficiaram das iniciativas executadas (KPMG Portugal, 2019). Deste modo, para que a fase II tenha verdadeiramente o impacto transformador pretendido será necessário conseguir mobilizar as empresas com um menor nível de maturidade no contexto i4.0. Para isso torna-se necessário implementar medidas que visem mitigar as dificuldades destas empresas na implementação deste tipo de projeto, normalmente associadas a uma menor capacidade financeira e de recursos humanos, mas também é fundamental promover a partilha de recursos e conhecimentos entre PME’s

(IAPMEI, 2019).

De acordo com um estudo realizado com base na ferramenta “i4.0 Scoreboard” (ferramenta quantitativa que permite diagnosticar a competitividade nacional e europeia no contexto i4.0, desenvolvida pela COTEC com o apoio da KPMG), que contou com a análise de 18 países Europeus, é possível categorizar o contexto do Programa i4.0 na Europa em três grupos principais: “Lagging”, “Mid-tier” e “Leading”. Segundo esse estudo Portugal ocupa a última posição do grupo Mid-tier e a 12.ª no conjunto global (ver Figura 4).

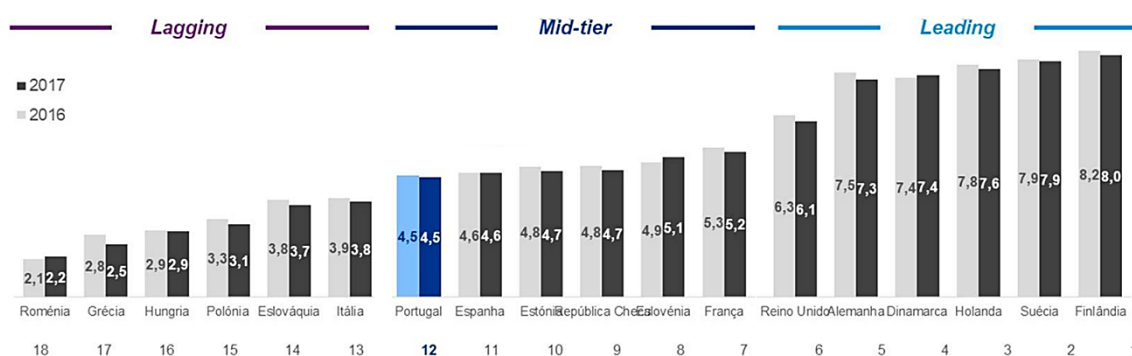


Figura 4- Posição de Portugal no i4.0 Scoreboard, retirado de KPMG Portugal (2019)

Nesse estudo foi possível identificar que Portugal apresenta vários “gaps” face aos outros países europeus. Por exemplo, relativamente ao “ecossistema de colaboração e inovação” o estudo indica que Portugal precisa de crescer para conseguir melhorar o suporte às suas empresas. Por outro lado, constata-se que as empresas ainda não apresentam de forma generalizada os conceitos da indústria 4.0 na base da sua estratégia e dos seus modelos operacionais e de negócios. Para além de que as áreas relacionadas com “atrair e aplicar o talento disponível”, capaz se suportar a transição para o novo paradigma, apresentam ainda grandes dificuldades (República Portuguesa, 2019).

Por forma a colmatar os “gaps” identificados e a alavancar uma transição generalizada para a Indústria 4.0, a fase II do Portugal i4.0 considera necessário atuar em três linhas estratégicas: Generalizar i4.0, Capacitar i4.0, Assimilar i4.0 (KPMG Portugal, 2019). Todavia alerta-se para o facto de para que as medidas produzam os efeitos pretendidos é necessário ter em contas as especificidades, as características e o contexto de cada setor económico, durante o desenho e implementação das medidas. Neste contexto os *clusters* de competitividade, associações sectoriais e centros tecnológicos deverão ter um papel fundamental nessas fases (KPMG Portugal, 2019).

Na vertente “Generalizar i4.0” pretende-se que as empresas realizem um autodiagnóstico da sua maturidade digital, de modo a identificar os principais benefícios e desenhar um *roadmap* de transformação. Para além disso é fundamental estimular a partilha de conhecimento, experiências e benefícios da Indústria 4.0 entre todos os *stakeholders* (empresas, fornecedores tecnológicos, instituições, etc.). Para tal, serão utilizados diferentes métodos de disseminação (seminários, palestras, *webinars*, open days, etc.) e desenvolvidos “Use Cases” com elevado potencial de aplicabilidade direta à maioria das empresas de cada sector (KPMG Portugal, 2019).

A linha estratégica “Capacitar i4.0” é destinada a adaptar as competências do capital humano à realidade i4.0. Estima-se que seja necessário requalificar e formar mais de 200 mil pessoas ao longo do programa, quer através da requalificação da força de trabalho já existente, quer pela oferta académica de formação em *skills* digitais. Para isso propõem-se criar parcerias colaborativas entre empresas e entidades formadoras e atuar ao nível da oferta formativa de nível 4 e 5, na adaptação das metodologias formativas à realidade do dia-a-dia das PME (KPMG Portugal, 2019).

Por fim, a linha orientadora “Assimilar i4.0” visa promover na sua vertente “Integração de tecnologias i4.0”, a experimentação e adoção de soluções e tecnologias i4.0 por via da facilitação do acesso às competências técnicas e ao financiamento necessário à sua implementação. Para tal, será importante o desenvolvimento de ecossistemas colaborativos através da criação de uma rede de *Digital Innovation Hubs* no sentido de se configurarem como *one-stop-shops* de apoio à transição i4.0 das PMEs. Já na vertente “Assimilar - Financiamento/ Apoio ao Investimento”, pretende-se financiar mais de 35 projetos transformadores por ano, que suportem as PME no desenvolvimento de projetos i4.0, e criar mecanismos de financiamento orientados à experimentação tecnológica como forma de reduzir o risco tecnológico associado ao *scale-up* e à implementação de novos processos/tecnologias (KPMG Portugal, 2019).

Em suma a fase II do Portugal i4.0 estima a mobilização de investimentos públicos e privados no valor de 600 milhões de euros nos próximos dois anos. O objetivo passa por envolver nas várias iniciativas mais de 20 mil empresas, formar mais de 200 mil trabalhadores e financiar mais de 350 projetos transformadores (República Portuguesa, 2019).

## 4. Método

Empresas e Governos têm ao longo dos últimos anos unido esforços para conseguirem transformar o panorama do setor industrial. Deste modo, é fundamental que as políticas e as estratégias adotadas sejam as adequadas garantirem uma transição bem-sucedida do setor para a era digital. Assim sendo, este estudo procura perceber se os projetos que têm sido implementados nos últimos anos, no sentido de enquadrar as empresas com os princípios da Indústria 4.0, estão a permitir que estas alcancem as vantagens perspetivadas por esta transformação.

### 4.1. Seleção da Amostra

Tendo em vista a seleção de um conjunto de empresas do setor industrial português que tivessem implementado projetos enquadrados com a filosofia da Indústria 4.0, num mesmo período temporal, decidiu-se considerar para este estudo as empresas que receberam incentivos ao abrigo do programa Portugal 2020 para executarem projetos neste âmbito. Assim sendo, recorreu-se à base de dados oficial do programa Portugal 2020 constituída pelo conjunto de projetos que foram aprovados desde 2014 até setembro de 2018. Atendendo ao objetivo do estudo foram consideradas, apenas, as empresas apoiadas em projetos com data de início anterior a 2017, por forma a ser possível analisar os impactos produzidos por esses projetos, pelo menos, num período mínimo de 1 ou 2 anos.

Uma das dificuldades da seleção da amostra de empresas prendeu-se com o facto de não existir uma tipificação definida na base de dados oficial do programa Portugal 2020 para os projetos enquadrados no paradigma da Indústria 4.0. Para se ultrapassar esta dificuldade, optou-se por selecionar os projetos que promovem a digitalização da economia, a utilização das tecnologias de informação e comunicação no contexto produtivo e de negócio e o desenvolvimento de sistemas inteligentes e interligados. Este foi também o critério usado no estudo realizado pela Agência Nacional de Inovação (2018), sobre projetos de I&D cofinanciados no QREN e PT2020 enquadrados com a Indústria 4.0. Deste modo, a seleção das empresas foi realizada através da pesquisa por um determinado conjunto de palavras-chave presentes nos textos descritivos dos títulos e das sínteses dos projetos. Mais concretamente, foram aplicadas as seguintes palavras-chave, diretamente relacionados com a Indústria 4.0: *Fábrica Inteligente*; *Business Intelligence*; *Digitalização*; *Robótica*; *Automação*; *Internet of Things*; *Cloud Computing*; *Inteligência Artificial*; *BigData*; *Machine Learning*; *Data*

*Mining*; Manufatura Aditiva; Materiais Avançados; Indústria 4.0; i4.0. Nesta pesquisa foi considerada a utilização destes conceitos, tendo em conta, a aplicação dos termos em língua portuguesa e língua inglesa, a utilização de siglas e termos mais vulgarmente utilizados, e a possibilidade de existirem imprecisões ortográficas relacionadas com acentos ou cedilhas. Na Tabela 5 do Anexo I encontram-se listados todos os termos aplicados na seleção da amostra de empresas.

Após a aplicação dos dois critérios de seleção referidos anteriormente (ano do início do projeto e palavras-chave) obteve-se, um primeiro conjunto de 89 projetos (implementados por 67 entidades diferentes), à partida, enquadrados com a temática pretendida. Todavia, nesta primeira seleção de projetos, encontravam-se tanto projetos promovidos por empresas, como por Universidades, Instituições de investigação, Associações Empresárias ou Municípios, pelo que surgiu a necessidade de realizar uma nova triagem, de forma a restringir-se a amostra apenas a projetos implementados por empresas. Após a aplicação deste critério foram selecionados 54 projetos, implementados por 41 empresas.

Com um conjunto de projetos mais reduzido foi possível realizar uma análise mais atenta sobre os textos descritivos dos projetos, de modo a rejeitar aqueles que não se enquadravam verdadeiramente com a temática, Indústria 4.0, e que por isso, tinham sido erradamente selecionados. Como resultado, foram selecionados 42 projetos para a amostra final, aos quais correspondem 31 empresas. Ou seja, nesta amostra existem empresas que implementaram num período entre 2015 e 2016 mais de um projeto enquadrado no paradigma da Indústria 4.0.

De modo a permitir a caracterização das 31 empresas que constituem a amostra final, na Tabela 6 do Anexo II é apresentada informação relevante sobre essas empresas, bem como sobre os projetos que implementaram.

## **4.2. Método**

O objetivo primordial deste projeto passa por tentar perceber se o grupo de empresas que constituem a amostra conseguiu obter os benefícios perspectivados pela adoção de uma estratégia em prol da Indústria 4.0. Ou seja, a intenção passa por avaliar se o desempenho empresarial desse grupo foi influenciado pela implementação de projetos de atualização tecnológica. Para tal, pretende-se analisar um determinado conjunto de variáveis económicas e financeiras que melhor representem a performance e a evolução das empresas.



De modo, a avaliar-se os impactos dos fundos estruturais públicos sobre o desempenho das empresas, pretende-se aferir a existência de um diferencial no desempenho económico e financeiro, entre os períodos *ex ante* e *ex post* à atribuição do fundo estrutural. Assim sendo, considera-se adequado aplicar-se neste estudo será aplicada uma análise de amostras emparelhadas, visto que se pretende analisar o comportamento de variáveis quantitativas de um mesmo grupo de empresas em dois momentos de tempo distintos, entre os quais ocorreram eventos que podem ter influenciado a evolução variáveis (Hall et al., 2011). Deste modo, a análise que se pretende efetuar sobre a evolução destas variáveis consistirá na avaliação da existência de diferenças estatisticamente significativas, entre o período que antecedeu e o período que sucedeu o recebimento do incentivo.

Neste tipo de estudos é habitual a utilização do teste paramétrico, teste t, por ser um teste que permite verificar se existem diferenças estatisticamente significativas entre as médias das variáveis, que se pretendem analisar, para os dois períodos de tempo considerados, através de um teste de hipótese sobre as médias das variáveis (Hall et al., 2011). No entanto, dada a dimensão reduzida da amostra (31 empresas) será conveniente antes de se aplicar o teste t testar as variáveis em relação à normalidade da sua distribuição, pois no caso de não se verificar esta condição será mais aconselhável utilizar-se, em alternativa, um teste não paramétrico, como por exemplo o teste de Wilcoxon (Hall et al., 2011). Este teste permite aferir se a diferença entre os pares da amostra segue uma distribuição simétrica em torno de zero.

Para além da escolha do tipo de testes a aplicar no caso de estudo é também fundamental definir-se adequadamente quais as variáveis que se pretendem estudar. Deste modo, foi realizada uma revisão de literatura tendo como objetivo determinar quais as variáveis que melhor permitem avaliar o desempenho das empresas, contudo não existe unanimidade quanto às variáveis que deverão ser utilizados em análises deste tipo (Neves, 2011). Uma vez que autores como Porter (1985), perspetivam que as empresas que conseguem gerar um valor acima da média da sua indústria apresentem resultados superiores, enquanto autores como Neves (2004) defendem que a posição competitiva da empresa é medida pela fonte de rendibilidade e pela capacidade de criar excedentes financeiros. Seguindo as recomendações de Correia e Costa (2016), que refere que os estudos empíricos tendem a basear-se na análise de certas variáveis económicas e financeiras descritivos do nível de competitividade das empresas, neste estudo optou-se por usar as seguintes variáveis o

volume de negócios, as exportações, o retorno sobre ativos, o valor acrescentado bruto, a produtividade aparente do trabalho, o nível de liquidez, a autonomia financeira ou a solvabilidade.

A análise do comportamento da variável sobre o Volume de Negócios (VN) permite medir o crescimento das empresas, na medida em que esta corresponde ao montante das vendas e prestações de serviços realizadas durante o exercício financeiro, excluindo os impostos sobre o valor acrescentado, e outros impostos diretamente relacionados (Moreira, 2001). Outra forma de avaliar o crescimento das empresas e a sua posição competitiva no mercado global é através da variável sobre as Exportações (EXP) Por conseguinte, duas das hipóteses de testes serão:

- $\begin{cases} H_{A,0} : \mathbf{VN}_{t-1} = \mathbf{VN}_{t+1} \\ H_{A,1} : \mathbf{VN}_{t-1} < \mathbf{VN}_{t+1} \end{cases}$
- $\begin{cases} H_{B,0} : \mathbf{EXP}_{t-1} = \mathbf{EXP}_{t+1} \\ H_{B,1} : \mathbf{EXP}_{t-1} < \mathbf{EXP}_{t+1} \end{cases}$

Um dos efeitos mais esperados pela implementação da Indústria 4.0 é o impacto sobre a produtividade das empresas (Pereira & Romero, 2017). Assim sendo, com a avaliação da evolução do Valor Acrescentado Bruto (VAB) consegue-se perceber se existiu um impacto exponencial na otimização do uso de recursos. Uma vez que, esta variável relaciona produção com os recursos necessários à sua obtenção (Martins, 2004). Do mesmo modo, ao relacionar-se o VAB e o número médio de trabalhadores, com a variável da Produtividade Aparente do Trabalho (PAT) está-se a avaliar a eficiência da utilização dos recursos humanos na produtividade. Assim sendo, outras duas hipóteses que se pretendem testar serão:

- $\begin{cases} H_{C,0} : \mathbf{VAB}_{t-1} = \mathbf{VAB}_{t+1} \\ H_{C,1} : \mathbf{VAB}_{t-1} < \mathbf{VAB}_{t+1} \end{cases}$
- $\begin{cases} H_{D,0} : \mathbf{PAT}_{t-1} = \mathbf{PAT}_{t+1} \\ H_{D,1} : \mathbf{PAT}_{t-1} < \mathbf{PAT}_{t+1} \end{cases}$

A evolução para o paradigma da Indústria 4.0 obriga as empresas a realizar elevados investimentos, pelo que através da análise do Retorno sobre Ativos (ROA) é possível medir a rendibilidade dos capitais da empresa, uma vez que, esta variável permite avaliar a capacidade das empresas gerarem lucros por intermédio da realização de investimentos

(Marco, 2012). Contudo, é importante que esses investimentos não comprometam a capacidade da empresa em saldar as suas dívidas no curto prazo, pelo que neste estudo também será tida em conta a evolução do rácio de liquidez (LQD), mais concretamente o rácio de liquidez geral (Martins, 2004). Deste modo, é pertinente estudar-se a evolução das variáveis através das seguintes hipóteses:

- $\begin{cases} H_{E,0} : ROA_{t-1} = ROA_{t+1} \\ H_{E,1} : ROA_{t-1} < ROA_{t+1} \end{cases}$
- $\begin{cases} H_{F,0} : LQD_{t-1} = LQD_{t+1} \\ H_{F,1} : LQD_{t-1} < LQD_{t+1} \end{cases}$

De modo semelhante, também se pode avaliar a saúde financeira das empresas é através da Autonomia Financeira (AUT FIN), na medida em que corresponde à parte dos ativos que é financiada por capitais próprios (Moreira, 2001). Já, relativamente ao longo prazo, o aconselhável é recorrer ao grau de Solvabilidade (SOLV), visto que permite aferir, para longos períodos de tempo, a solidez patrimonial da empresa face aos capitais alheios aplicados na empresa (Correia e Costa, 2016). Logo, também estas duas variáveis financeiras serão alvo de análise, através do teste das seguintes hipóteses:

- $\begin{cases} H_{G,0} : AUT\ FIN_{t-1} = AUT\ FIN_{t+1} \\ H_{G,1} : AUT\ FIN_{t-1} < AUT\ FIN_{t+1} \end{cases}$
- $\begin{cases} H_{H,0} : SOLV_{t-1} = SOLV_{t+1} \\ H_{H,1} : SOLV_{t-1} < SOLV_{t+1} \end{cases}$

Na tabela seguinte apresenta-se de forma resumida as variáveis económicas e financeiras que serão analisados no âmbito deste projeto, bem como a forma como serão determinados.

Tabela 2- Identificação da função de cálculo das variáveis de performance, adaptado de Correia & Costa (2019)

	Variável	Fórmula
<b>Económicos</b>	Volume de Negócios (VN)	Vendas + Prestação de Serviços
	Exportações (EXP)	Vendas e Serviços Prestados ao Exterior
	Valor Acrescentado Bruto (VAB)	Produção – Custo das Mercadorias Vendidas e Materiais Consumidas – Fornecimentos e Serviços Externos – Impostos
	Produtividade Aparente do Trabalho (PAT)	VAB / N° médio de Trabalhadores
	Retorno sobre os Ativos (ROA)	Lucro Líquido / Ativo Total
<b>Financeiros</b>	Liquidez (LQD)	Ativo Corrente / Passivo Corrente
	Autonomia Financeira (AUT FIN)	Capital Próprio / Ativo Líquido
	Solvabilidade (SOLV)	Capital Próprio / Passivo

### 4.3. Base de Dados

Tendo-se definido o grupo de empresas que constituem a amostra e as variáveis que se pretendem estudar recorreu-se à base de dados Sabi, que possui um historial com informação financeira detalha de empresas portuguesas, até 25 anos, para recolher a informação necessária para o cálculo das variáveis económicas e financeiras que se pretendem avaliar. Mais especificamente, foram retirados dados do período que antecedeu a implementação dos projetos, 2014, e do ano com informação disponível mais recente, pelo que à exceção de duas das empresas para as quais até à data da elaboração desta dissertação o ano com informação mais recente era 2017, para todas as restantes foi possível recolher informação até 2018.

Após ter-se explorado a base de dados foi possível recolher informação sobre: o volume de negócios, o valor acrescentado bruto, o número efetivo de funcionários, o volume de serviços externos, o volume de vendas externas, o ativo total, o capital próprio, o passivo,

o resultado líquido e a liquidez geral. Estes dados, para além de permitirem a obtenção direta sobre algumas das variáveis, possibilitaram o cálculo da produtividade aparente de trabalho, do volume de exportações, do retorno sobre ativos, da autonomia financeira e da solvabilidade.

Na Tabela 7 do Anexo III encontra-se disponibilizada a base de dados criada para a elaboração dos testes sobre a evolução das variáveis de desempenho das empresas da amostra.

## 5. Apresentação de Resultados e Discussão

Através da mobilização de Fundos Europeus Estruturais e de Investimento, no âmbito do programa Portugal 2020, nos últimos anos têm sido financiados diversos projetos que visam dotar as empresas de tecnologias e competências inovadoras orientadas com o paradigma da Indústria 4.0. Todavia, é fundamental perceber se o tipo de projetos que têm sido implementados permitiu às empresas atingir os níveis de competitividade, de aumento de receita, de redução de custos e de ganhos de eficiência esperados.

### 5.1. Análise Descritiva da Amostra

Através da análise da amostra de empresas consideradas para o estudo é possível destacar alguns aspetos relevantes. Tendo em consideração as regras de classificação da dimensão das empresas, especialmente, no que diz respeito ao número de trabalhadores efetivos, ao volume de negócios anual e o balanço total anual, observou-se que a amostra é composta por 7 empresas de grande dimensão, 10 empresas de média dimensão e 14 empresa de pequena dimensão (ver Figura 5).

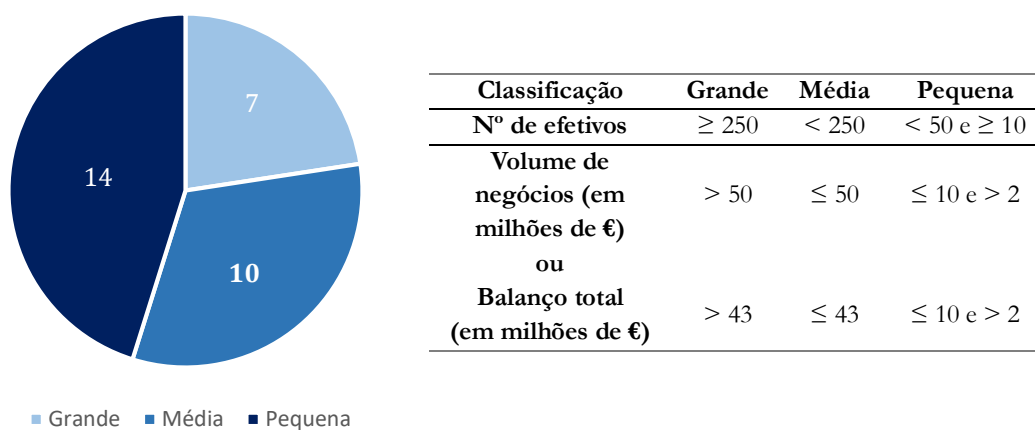


Figura 5- Classificação das empresas da amostra pela sua dimensão, elaboração própria (2019)

Em termos de localização (NUTS II) as empresas que constituem a amostra localizam-se sobretudo na região Norte, num total de 17 empresas, seguida da região Centro com 10 empresas (ver Figura 6).

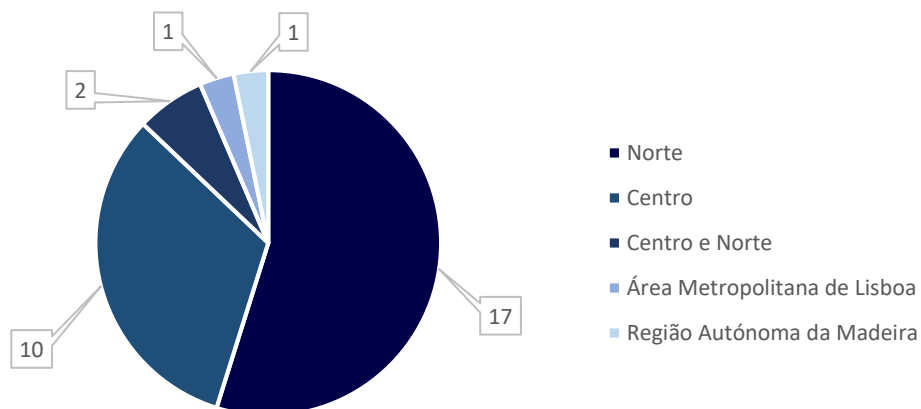


Figura 6- Distribuição das empresas da amostra por regiões NUTS II, elaboração própria (2019)

No geral, as 31 empresas tiveram um total de despesas elegíveis, atribuídas à operação, de 82.330.949,64 euros, tendo resultado num financiamento total aprovado de 36.728.949,71 euros (Figura 7). Para a concretização destes investimentos foram aplicados Fundos Europeus Estruturais e de Investimento, mais precisamente, foram canalizados fundos do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) para a concretização de 35 projetos e fundos do Fundo Social Europeu (FSE) para 7 projetos (Figura 8). Nomeadamente, através dos seguintes programas operacionais: Programa Operacional da Competitividade e Internacionalização, Programa Operacional Regional do Norte, Programa Operacional Regional do Centro, Programa Operacional Regional de Lisboa e Programa Operacional Regional da Madeira.

O conjunto de 42 projetos da amostra enquadram-se em três objetivos temáticos. Mais concretamente, 21 desses projetos enquadram-se no objetivo de “Reforçar a investigação, o desenvolvimento tecnológico e a inovação”, enquanto 19 projetos enquadram-se no objetivo de “Reforçar a competitividade das pequenas e médias empresas” e 2 projetos enquadram-se no objetivo de “Promover a sustentabilidade e a qualidade do emprego e apoiar a mobilidade laboral”.

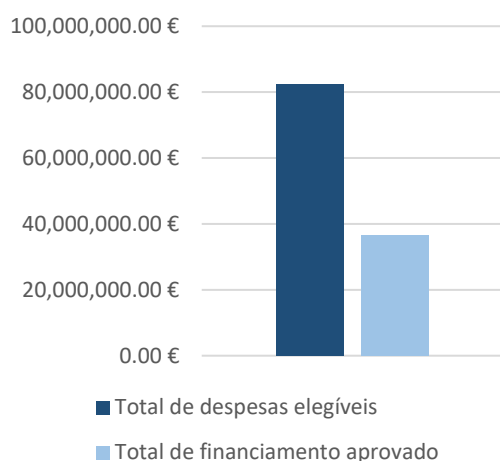


Figura 7- Montante global de despesas elegíveis e financiamento aprovado, elaboração própria (2019)

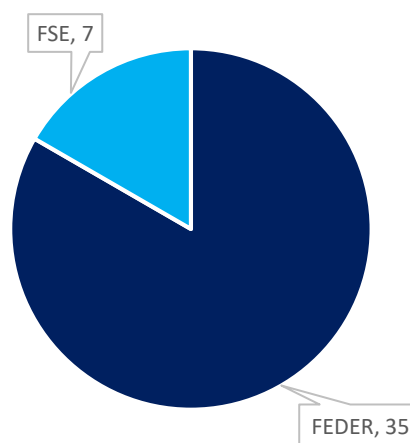


Figura 8- Identificação dos fundos atribuídos às empresas da amostra. elaboração própria (2019)

## 5.2. Resultados dos Teste de Hipóteses

Para a realização da análise dos dados e para a execução dos testes de hipóteses, foi utilizado o software de análise estatística avançada, SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), versão 25.

Como explicado no capítulo anterior, para se determinar que tipo de teste se deveria aplicar, teste t ou teste de Wilcoxon, inicialmente procedeu-se à verificação da distribuição normal da amostra. Visto que a amostra contém apenas 31 valores para cada variável, utilizou-se o teste Shapiro-Wilk para realizar essa avaliação. Tendo em conta que apenas na variável da autonomia financeira se obteve, tanto para o período anterior, como para o período posterior à atribuição do incentivo, um valor de significância superior a 0,05, apenas para este caso é que se considerou adequado utilizar o teste t, para a análise das restantes variáveis optou-se por aplicar o teste de Wilcoxon.

Após a identificação do teste mais adequado a utilizar, realizaram-se os testes às hipóteses definidas ( $H_A$ ,  $H_B$ ,  $H_C$ ,  $H_D$ ,  $H_E$ ,  $H_F$ ,  $H_G$  e  $H_H$ ), que pretendiam avaliar se entre os períodos *ex ante* e *ex post* à atribuição do fundo estrutural existiram diferenças estatisticamente significativas. A Tabela 3 apresenta, para cada variável, o tipo de teste, os resultados obtidos e o valor de significância atingido.



Tabela 3 - Resultados dos testes de hipótese, elaboração própria (2019)

Variáveis	Teste	Resultado	Significância
<b>VN</b>	teste de Wilcoxon	rejeita-se $H_{A,0}$	0,000
<b>EXP</b>	teste de Wilcoxon	rejeita-se $H_{B,0}$	0,004
<b>VAB</b>	teste de Wilcoxon	rejeita-se $H_{C,0}$	0,006
<b>PAT</b>	teste de Wilcoxon	aceita-se $H_{D,0}$	0,739
<b>ROA</b>	teste de Wilcoxon	aceita-se $H_{E,0}$	0,327
<b>LQD</b>	teste de Wilcoxon	aceita-se $H_{F,0}$	0,845
<b>AUT FIN</b>	teste t	aceita-se $H_{G,0}$	0,417
<b>SOLV</b>	teste de Wilcoxon	aceita-se $H_{H,0}$	0,170

De modo a compreender o sentido da evolução destas variáveis entre os dois períodos considerados, decidiu-se calcular as taxas de crescimentos para cada uma das variáveis. Por conseguinte, na Tabela 4 encontra-se explanadas as taxas de crescimento de cada uma das variáveis económicas e financeiras.

Tabela 4- Taxa de crescimentos das variáveis de performance, elaboração própria (2019)

Variáveis	Taxa de Crescimento	Resultado
<b>VN</b>	28,17	estatisticamente significativo
<b>EXP</b>	25,93	estatisticamente significativo
<b>VAB</b>	38,89	estatisticamente significativo
<b>PAT</b>	0,96	não estatisticamente significativo
<b>ROA</b>	-15,81	não estatisticamente significativo
<b>LQD</b>	-3,70	não estatisticamente significativo
<b>AUT FIN</b>	5,80	não estatisticamente significativo
<b>SOLV</b>	23,93	não estatisticamente significativo

### 5.3. Análise dos Resultados

A análise aos resultados dos testes de hipóteses permite concluir que apenas em três (volume de negócios, valor acrescentado bruto e exportações) das oito variáveis existem diferenças estatisticamente significativas entre os resultados das empresas antes e depois da implementação dos projetos. Como tal, somente no caso dessas três variáveis é que se pode considerar que a sua evolução entre os dois períodos de tempo considerados estará relacionada com a implementação de uma estratégia de atualização tecnológica apoiada pela aplicação de fundos comunitários.

Através da análise da taxa de crescimento das variáveis sobre o volume de negócios, o valor acrescentado bruto e as exportações, pode-se aferir que estas variáveis evoluíram de forma favorável, o que corrobora a expectativa sobre a melhoria da eficiência operacional e de ganhos de competitividade associada à implementação de projetos direcionados para a Indústria 4.0. Os resultados obtidos são significativos, principalmente quando comparados com os resultados agregados do setor da indústria transformadora, para o período entre 2014 e 2017. Por exemplo, no caso do volume de negócios, entre esse período, verifica-se que o setor cresceu 12,07% (PORDATA, 2019a), significativamente inferior à taxa de crescimento de 28,17% registada para o conjunto das empresas da amostra.

Do mesmo modo, também no caso dos valores de crescimento do valor acrescentado e das exportações se registam diferenças significativas. No caso do valor acrescentado bruto, verifica-se que o setor cresceu 25,35% (PORDATA, 2019b), abaixo dos 38,89% registada para o conjunto das empresas da amostra. Já no caso do valor das exportações estima-se que o setor teve um crescimento de 8% (INE, 2018), valor consideravelmente abaixo dos 25,93% calculados neste estudo.

Por outro lado, também é importante compreender porque é que as restantes cinco variáveis (produtividade aparente do trabalho, retorno sobre os ativos, liquidez, autonomia financeira, solvabilidade) não permitiram obter resultados estatisticamente significativos. A primeira inferência que se poderá fazer é que poderão ter existido outros fatores, para além da implementação dos projetos cofinanciados, que influenciaram a evolução dessas variáveis, entre as várias empresas, de forma aleatória. Por exemplo, o facto do resultado da análise da produtividade aparente do trabalho não ser o esperado, poderá ser justificado por uma falta de competências adequadas por parte dos recursos humanos, mas também por uma falta de investimento por parte das empresas na capacitação dos seus colaboradores para otimizarem a

utilização das novas tecnologias.

No caso da variável sobre retorno sobre os ativos os resultados poderão ter sido influenciados pelo curto período de tempo considerado na amostra, pelo que poderá ser indicador que este tipo de projetos precise de um período de pós implementação superior ao analisado. Todavia, apesar deste fator poder ser também considerado para justificar os resultados negativos sobre as variáveis financeiras, estes poderão ser antes justificados pela aleatoriedade da situação financeira de cada uma das empresas da amostra que se verificava antes da implementação dos projetos e que poderão ter afetado os resultados obtidos.

#### **5.4. Discussão dos Resultados**

Para além da análise crítica aos resultados obtidos é também importante tentar perceber se esses vão de encontro aos resultados e tendências referidas em outros estudos sobre esta temática. Todavia, durante a pesquisa realizada não foram encontrados estudos quantitativos que tivessem aferido qual o impacto da implementação de uma estratégia voltada para a Indústria 4.0 nas variáveis de desempenho das empresas, com os quais se pudessem comparar os resultados obtidos. Porém, existem vários estudos que apesar de não colocarem o seu foco diretamente nas tecnologias relacionadas com a Indústria 4.0, analisaram a performance de conjuntos de empresas que aplicaram estratégia de inovação, com os quais se podem estabelecer o paralelismo com os resultados deste estudo.

Por exemplo, o estudo “Destino: Crescimento e Inovação” realizado pela COTEC Portugal (2017), conclui que as PME de cariz mais inovador tendem a apresentar uma performance económico-financeira superior às restantes PME. Esse estudo indica que quando comparados esses dois grupos de empresas, as PME mais inovadoras possuem um resultado líquido 7,8 vezes superior e um volume de negócios 3,7 vezes superior, o que vem de encontro aos resultados obtidos neste estudo, no qual se verificou que as empresas analisadas apresentaram um volume de negócios superior ao do seu setor.

De modo semelhante, quando se comparam os resultados deste estudo com os resultados do estudo realizado por Correia & Costa (2016), no seu artigo, “Avaliação do Impacto dos Fundos do QREN no Desempenho Económico e Financeiro das PME: O Caso da Indústria Transformadora do Concelho de Barcelos”, observa-se que para o conjunto da amostra total de empresas que implementaram projetos cofinanciados, visando a inovação, o desenvolvimento tecnológico, a qualificação e a internacionalização, apenas à exceção da variável sobre a produtividade aparente do trabalho, se obteve resultados semelhantes.

No caso da variável sobre a produtividade aparente do trabalho, Correia & Costa (2016), registraram a existência de um impacto estatisticamente significativo, que não foi verificado neste estudo. Já no caso das variáveis sobre o volume de negócios, as exportações, o valor acrescentado bruto, o retorno sobre os ativos, a liquidez, a autonomia financeira e solvabilidade, à semelhança deste estudo, apenas para as três primeiras se verificaram diferenças estatisticamente significativas. Sendo que nesse estudo se verificou que o volume de negócios cresceu entre os dois períodos em análise 17,89%, as exportações cresceram 29,96% e o valor acrescentado bruto cresceu 21,38%, valores que apesar de não serem exatamente iguais denotam a mesma tendência.

Por outro lado, os resultados deste estudo também podem ser analisados através da comparação com as perspetivas que entidades e empresários têm sobre a implementação de projetos relacionados com a Indústria 4.0. Por exemplo, segundo um estudo da PWC (2016), 43% das empresas industriais portuguesas tem a expectativa de obter aumentos de receitas superiores a 10%, com a implementação da Indústria 4.0, para além de perspetivarem uma melhoria da eficiência da utilização de recursos e uma redução de custos (ver Figura 9). Para tal, estima-se que os tempos de produção possam ser acelerados em cerca de 120% e que os tempos de colocação de produtos no mercado possam ser reduzidos em cerca de 70 (Correia et al., 2016).

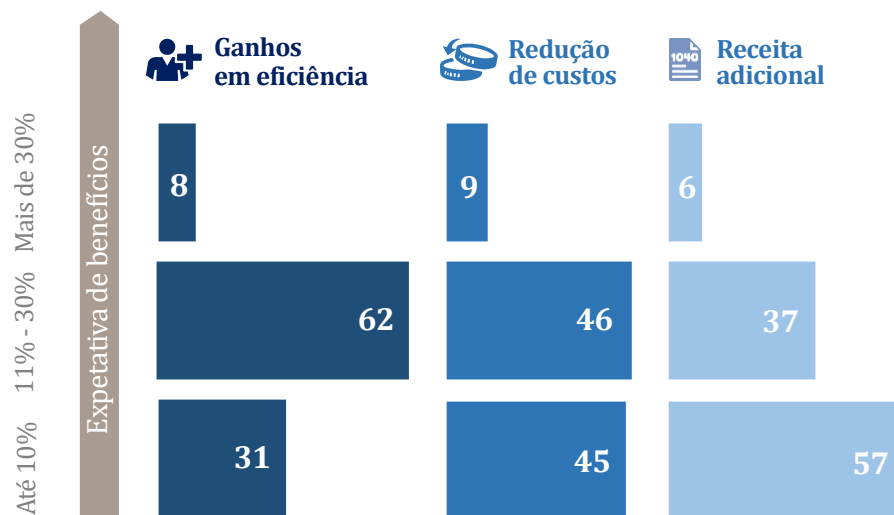


Figura 9- Impactos esperados pelas empresas com a Indústria 4.0, adaptado de Correia et al. (2016)

Os resultados obtidos para a evolução do valor acrescentado bruto permitem concluir que as expectativas sobre os ganhos de eficiência e de redução de custos podem ser alcançadas através da aplicação de projetos enquadrados com o paradigma da Indústria 4.0. Visto que se observou um crescimento considerável entre o período que antecedeu e o período que sucedeu a implementação dos projetos cofinanciados. De igual modo, os resultados das outras duas variáveis para as quais se obtiveram resultados estatisticamente significativos, volume de negócios e exportações, permitem aferir que as empresas que constituíram amostra conseguiram aumentar as suas receitas de forma considerável, através da estratégia de atualização tecnológica que seguiram.

Outra conclusão desse estudo da PWC é que mais de metade das empresas nacionais inquiridas (60%) esperam que os investimentos na Indústria 4.0 possam ter retorno num prazo de 2 anos ou menos (Figura 10), através de um investimento de aproximadamente 5% das receitas anuais. Valor semelhante foi obtido para o conjunto global das empresas, dos diferentes países, inquiridas (56%) (Correia et al., 2016).



Figura 10- Tempo de retorno previsto para investimentos na Indústria 4.0, adaptado de Correia et al. (2016)

O resultado do teste de hipóteses para a variável do retorno sobre os ativos não permitiu verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas, pelo que, como já foi referido, será espectável que seja necessário um período superior a dois anos para que verdadeiramente se obtenha o retorno dos investimentos realizados nesta área. Assim sendo, as expectativas otimistas da maioria dos inquiridos no estudo da PWC poderão não se verificar.

## 6. Conclusões

O setor da indústria transformadora é um dos pilares da economia europeia, sendo constituído por 2 milhões de empresas, em toda a União Europeia, empregando cerca de 33 milhões de funcionários, e representando 60% do crescimento da produtividade (Comissão Europeia, 2017). Neste sentido o estudo realizado no âmbito desta dissertação visou aferir se a aposta na inovação do setor em prol do paradigma da Indústria 4.0 permite às empresas obterem ganhos de performance e de competitividade.

Através do estudo apresentado foi possível depreender que as empresas procuram evoluir e inovar de modo a tornarem-se mais competitivas, visando a obtenção de lucros superiores. Com esse intuito muitas empresas do setor industrial procuram atualizar-se em relação aos pressupostos da 4ª Revolução Industrial, propondo-se a promover a digitalização dos seus processos de fabrico e a fomentar a troca de dados entre toda a cadeia de valor. De ressaltar, que esta nova transformação industrial só será possível em ambientes inteiramente integrados e inteligentes, pois apenas desta forma se conseguirá obter processos mais rápidos, mais flexíveis e mais eficientes, capazes de fabricar produtos de alta qualidade a custos reduzidos e com prazos competitivos.

Internamente, as empresas para conseguirem implementar o paradigma da Indústria 4.0 necessitam de implementar transformações profundas no modo como estão organizadas, mas também como se posicionam no mercado. Os gestores necessitam de promover a alteração da estratégia e do posicionamento, com o intuito de serem capazes de redesenhar o modo como operam, como gerem a cadeia de abastecimento e como planeiam o ciclo de vida do produto. Contudo, é também necessário que se criem condições favoráveis para que esta mudança de paradigma ocorra, pelo que o papel das políticas estratégicas implementadas pelos governos é também crucial.

Os programas governamentais de apoio à Indústria 4.0 devem ser responsáveis por disponibilizarem mecanismos financeiros, suficientemente robustos, para fazerem face à necessidade da realização de avultados investimentos por parte das empresas. Mas também, devem incentivar a proximidade das empresas aos centros de ensino e de investigação, e criar as infraestruturas tecnológicas adequadas ao contexto. Para além de deverem promover a capacitação dos recursos humanos com novas competências.

No caso do Governo Português verificou-se que este tem lançado várias iniciativas

neste âmbito, sobretudo ao abrigo do programa Portugal i4.0 que visa promover a digitalização da economia portuguesa. Complementarmente aos apoios concedidos no âmbito desse programa, os incentivos disponibilizados para a implementação de projetos enquadrados com a Indústria 4.0, através da mobilização de fundos europeus do programa Portugal 2020, têm viabilizado a transformação de muitas empresas do setor da indústria transformadora.

Da análise realizada concluiu-se que apenas em três (volume de negócios, valor acrescentado bruto e exportações) das oito variáveis existem diferenças estatisticamente significativas entre os resultados das empresas antes e depois da implementação dos projetos. Sendo que as elevadas taxas de crescimento verificadas para o volume de negócios e para as exportações permitiram constatar que as expectativas sobre o aumento da receita e da competitividade associada à implementação da Indústria 4.0 se podem verificar. De modo semelhante o facto de se ter registado a existência de um crescimento do valor acrescentado bruto associado à implementação dos projetos cofinanciados possibilitou aferir que a adoção das novas tecnologias e modelos organizacionais permitem otimizar a utilização de recursos, quer pelo aumento da eficiência operacional, quer pela redução de custos.

O curto período de tempo de análise terá sido, por ventura, uma das maiores limitações do estudo. O facto de se ter considerado apenas os projetos direcionados para a Indústria 4.0, que foram implementados com apoio de incentivos do programa Portugal 2020, limitou a análise à performance das empresas que receberam financiamento entre 2014 e 2016. Esta limitação, para além de reduzir o número de empresas que foram consideradas na amostra, também impossibilitou o estudo do fator tempo na implementação dos projetos, pois, conforme apresentado no estudo da PWC (2016) é espectável que os efeitos da execução dos projetos sejam amplificados ao longo dos anos.

Tendo em consideração que a natureza do tipo de projetos que as empresas implementaram, no geral, pode implicar uma transformação profunda dos processos produtivos e da gestão de bens e de relações, é de pressupor que estes poderão necessitar de períodos de tempo mais alargados para serem completamente postos em prática, e para proporcionarem os ganhos de performance esperado. Assim sendo, como trabalho futuro sugere-se repetir esta análise após o término do programa Portugal 2020, com o intuito de se poder analisar uma maior amostra de projetos e empresas, mas também por forma a analisar-se qual é o efeito que o horizonte temporal (após implementação) tem nos ganhos

de performance das empresas.

Outra limitação do presente estudo prende-se com a dificuldade em poder isolar a origem dos impactos analisados. Ou seja, que foram os apoios financeiros e o cariz dos projetos implementados os únicos responsáveis pela melhoria dos indicadores de competitividade, que se revelaram estatisticamente significativos, como o volume de negócios, o valor acrescentado bruto e as exportações. Assim, não se pode excluir a hipótese de terem existido fatores relacionados com o contexto em que as empresas estavam inseridas e com fatores qualitativos a ter um peso importante nesses resultados.

De modo a melhor compreender e contextualizar os resultados quantitativos obtidos na análise estatística, durante a realização deste trabalho tentou-se o contacto com os responsáveis das áreas operacionais e estratégicas das empresas da amostra para a realização de entrevistas. Estas entrevistas tinham como objetivo perceber o modo como os projetos foram implementados, quais foram as sinergias que tiveram de ser criadas dentro da empresa e com os restantes elementos da cadeia de valor, quais as grandes alterações que se verificaram a nível de estruturas e organização, quais os maiores obstáculos que enfrentam e qual o contexto geral da empresa. Infelizmente, os contactos realizados não tiveram resposta por parte das empresas. Por conseguinte, considera-se relevante a realização destas entrevistas, como trabalho futuro, de forma a melhor compreender-se os resultados obtidos.



## Referências Bibliográficas

- Acemoglu, D. (2002). Technical change, inequality, and the labor market. *Journal of economic literature*, 40(1), 7-72.
- Aydos, T. F., & Ferreira, J. C. (2016). RFID-based system for Lean Manufacturing in the context of Internet of Things. In *2016 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)* (pp. 1140-1145). IEEE.
- Balasingham, K. (2016). *Industry 4.0: securing the future for german manufacturing companies* (Master's thesis, University of Twente).
- Barros, A.C., Simões, A.C., Toscano C., Marques, A., Rodrigues, J.C., Azevedo, A. (2017), "Implementing Cyber-physical Systems in Manufacturing", CIE47 Proceedings, 11-13 October 2017, Lisbon, Portugal
- Besanko, D., Dranove, D., Shanley, M., & Schaefer, S. (2009). *Economics of strategy*. John Wiley & Sons.
- Bidet-Mayer, T., & Ciet, N. (2016). *L'industrie du futur: une compétition mondiale*. La Fabrique de l'Industrie.
- Bleimann, U., Ehlers, N., & Loew, R. (2016). *Industry 4.0 national and international*. Proceedings of the Collaborative European Research Conference, Cork, Ireland.
- Buhr, D., & Stehnen, T. (2018). Industry 4.0 and European innovation policy. Big plans, small steps.
- Chen, Y. (2017). Integrated and intelligent manufacturing: Perspectives and enablers. *Engineering*, 3(5), 588-595.
- Comissão de Normalização Contabilística. (1999). Conceito de volume de negócios - directriz contabilística nº22
- Comissão Europeia. (2016). Digitising European Industry - Reaping the full benefits of a Digital Single Market. Retrieved from <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/policies/digitising-european-industry>
- Correia, A. B., Deus, P., & Baptista, J. R. (2016). Indústria 4.0: Construir a empresa digital. *PricewaterhouseCoopers Portugal*, 1, 1-30.
- Correia, C., & Costa, V. (2016). Avaliação do Impacto dos Fundos do QREN no Desempenho Económico e Financeiro das PME: O Caso da Indústria Transformadora do Concelho de Barcelos. *Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting*, 2(4).
- COTEC. (2017). Destino: Crescimento e inovação, O impacto da inovação na performance

económico-financeira das PME e no seu crescimento. Retrieved from [http://www.cotecportugal.pt/imagem/Relatorios/20170523\\_Relato%CC%81rio%20agregadoEstudoDestino.pdf](http://www.cotecportugal.pt/imagem/Relatorios/20170523_Relato%CC%81rio%20agregadoEstudoDestino.pdf)

COTEC. (2018). Programa Portugal i4.0. Retrieved from <https://www.industria4-0.cotec.pt/programa/medidas/>

Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihm, W. (2016). Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. *Procedia Cirp*, 54, 13-18.

Foidl, H., & Felderer, M. (2015, November). Research challenges of industry 4.0 for quality management. In *International Conference on Enterprise Resource Planning Systems* (pp. 121-137). Springer, Cham.

Gaub, H. (2016). Customization of mass-produced parts by combining injection molding and additive manufacturing with Industry 4.0 technologies. *Reinforced Plastics*, 60(6), 401-404.

Hall, A., Neves, C., Pereira, A. (2011). Grande Maratona de Estatística no SPSS: Escolar Editora.

IAPMEI. (2018). Indústria 4.0. Retrieved from <https://www.iapmei.pt/Paginas/Industria-4-0.aspx>

IAPMEI. (2019). Indústria 4.0 - Governo lança Fase II do programa. Retrieved from <https://www.iapmei.pt/NOTICIAS/Industria-4-0-Governo-lanca-2-fase-do-programa.aspx>

IEDI. (2018). Estratégias nacionais para a Indústria 4.0: Brasil. São Paulo, IEDI.

INE. (2018). Estatísticas da Produção Industrial 2017, Instituto Nacional de Estatística.

Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J., (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. In: Final report of the Industrie 4.0. *Working Group*. Acatech, Frankfurt am Main, Germany.

Kagermann, H., Anderl, R., Gausemeier, J., Schuh, G., & Wahlster, W. (2016). *Industrie 4.0 in a Global Context: strategies for cooperating with international partners*. Herbert Utz Verlag.

Klitou, D., Conrads, J., Rasmussen, M., Probst, L., & Pedersen, B. (2017). Germany: Industrie 4.0. *Report prepared for the European Commission, the Digital Transformation Monitor Platform, retrieved on April, 12, 2018*.

KPMG Portugal. (2019). Portugal i4.0 (Indústria 4.0) – Fase II.

Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *Procedia Cirp*, 16, 3-8.

- Marco, R. (2012). Gender and economic performance: Evidence from the Spanish hotel industry. *International Journal of Hospitality Management*, 31(3), 981-989.
- Maresova, P., Soukal, I., Svobodova, L., Hedvicakova, M., Javanmardi, E., Selamat, A., & Krejcar, O. (2018). Consequences of Industry 4.0 in business and economics. *Economies*, 6(3), 46.
- Martins, A. (2004). *Introdução à Análise Financeira de Empresas*. 2ª Edição. Porto: Grupo Editorial Vida Económica.
- Melanson, T. (2019). What Industry 4.0 Means for Manufacturers. [Web blog post]. Retrieved from <https://aethon.com/mobile-robots-and-industry4-0/>
- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118-1136.
- Mokyr, J. (1994). The Industrial Revolution: A Macroeconomic Interpretation. By Douglas Fisher. *Journal of Economic Literature*, 32(3), 2.
- Moreira, J. (2001). *Análise Financeira de Empresas - da Teoria à Prática*. 4ª Edição. Porto: Associação da Bolsa de Derivados do Porto.
- Mourtzis, D., Vlachou, E., & Milas, N. (2016). Industrial Big Data as a result of IoT adoption in manufacturing. *Procedia cirp*, 55, 290-295.
- Müller, J. M., Buliga, O., & Voigt, K. I. (2018). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 2-17.
- Nagy, J., Oláh, J., Erdei, E., Máté, D., & Popp, J. (2018). The role and impact of Industry 4.0 and the internet of things on the business strategy of the value chain—the case of Hungary. *Sustainability*, 10(10), 3491.
- Neves, J. C. D. (2004). *Análise financeira—Técnicas fundamentais*. Lisboa: Texto Editores, Lda.
- Neves, J. C. D. (2011). *Avaliação e gestão da performance estratégica da empresa*. Lisboa: Texto Editora.
- Oks, S. J., Fritzsche, A., & Möslin, K. M. (2017). An application map for industrial cyber-physical systems. In *Industrial internet of things* (pp. 21-46). Springer, Cham.
- Park, S. (2016). Development of innovative strategies for the Korean manufacturing industry by use of the connected smart factory (CSF). *Procedia Computer Science*, 91, 744-750.
- Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the

Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206-1214.

Petrillo, A., Felice, F. D., Cioffi, R., & Zomparelli, F. (2018). Fourth industrial revolution: Current practices, challenges, and opportunities. *Digital Transformation in Smart Manufacturing*, 1-20.

PORDATA. (2019a). Volume de negócios das empresas: total e por sector de actividade económica. Retrieved from <https://www.pordata.pt/Portugal/Volume+de+negócios+das+empresas+total+e+por+sector+de+actividade+económica-2913>

PORDATA. (2019b). Valor acrescentado bruto das empresas: total e por sector de actividade económica. Retrieved from <https://www.pordata.pt/Portugal/Valor+acrescentado+bruto+das+empresas+total+e+por+sector+de+actividade+económica-2915>

Porter, M. E. (1985). Competitive advantage free press. *New York*, 33-61.

Portugal 2020. (2018). O que é o Portugal 2020. Retrieved from <https://www.portugal2020.pt/Portal2020/o-que-e-o-portugal2020>

Prause, G., & Atari, S. (2017). On sustainable production networks for Industry 4.0. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 4(4), 421-431.

Rao, S. K., & Prasad, R. (2018). Impact of 5G technologies on industry 4.0. *Wireless personal communications*, 100(1), 145-159.

República Portuguesa. (2018). Portugal i4.0. Retrieved from <http://www.dgae.gov.pt/comunicar-as-empresas/financiamento/industria-40.aspx>

República Portuguesa. (2019). Apresentação na nova fase do i4.0. Retrieved from <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc21/comunicacao/comunicado?i=primeiro-ministro-e-ministro-adjunto-e-da-economia-na-apresentacao-na-nova-fase-do-i40>

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.

Santos, R. C. (2018). *Proposta de modelo de avaliação de maturidade da indústria 4.0* (Master's thesis, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra).

Schmidt, R., Möhring, M., Härting, R. C., Reichstein, C., Neumaier, P., & Jozinović, P. (2015). Industry 4.0-potentials for creating smart products: empirical research results. In *International Conference on Business Information Systems* (pp. 16-27). Springer, Cham.

Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Currency.

- Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. In *2014 IEEE international conference on industrial engineering and engineering management* (pp. 697-701). IEEE.
- Siemens. (2017). Indústria 4.0 e Portugal.
- Simões, A. C., Soares, A. L., & Barros, A. C. (2019). Drivers Impacting Cobots Adoption in Manufacturing Context: A Qualitative Study. In *Advances in Manufacturing II* (pp. 203-212). Springer, Cham.
- Thames, L., & Schaefer, D. (2017). *Cybersecurity for industry 4.0*. New York: Springer.
- Topleva, S. (2018). Industry 4.0: Transforming Economy Through Value Added. *Asian Journal of Economic Modelling*, 6(1), 37-46.
- Vasconcelos, F. C., & Brito, L. A. L. (2004). Vantagem competitiva: o constructo e a métrica. *RAE-Revista de Administração de Empresas*, 44(2), 51-63.
- Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M., & Gorecky, D. (2015). Towards Industry 4.0-Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. *Ifac-Papersonline*, 48(3), 579-584.
- Witkowski, K. (2017). Internet of things, big data, industry 4.0—innovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia Engineering*, 182, 763-769.

## Anexo I – Lista de Palavras-chave de Seleção

Tabela 5- Lista de palavras-chave aplicadas na seleção da amostra, elaboração própria (2019)

Palavras-chave de Seleção	
Indústria 4.0	Impressão 3D
Industria 4.0	3D Printing
Industry 4.0	Prototipagem
i4.0	Prototyping
4.0	Cloud Computing
Digitalização	Blockchain
Digitalization	Big Data
Fábrica Inteligente	BigData
Smart Factory	Machine Learning
Business Intelligence	Data Mining
Internet of Things	Inteligência Artificial
Internet das Coisas	AI
IoT	Robótica
Manufatura Aditiva	Robotic
Additive Manufacturing	Robô
Aditiva	Robo

## Anexo II – Informações sobre as Empresas da Amostra

Tabela 6- Identificação das empresas e dos projetos da amostra, elaboração própria (2019)

Nº	Nome do Beneficiário	Nome do Projeto	Resumo
1	ABER-EMBRAIAGENS E COMANDOS HIDRAULICOS, ANTONIO BERNARDES LDA	ABER i4.0 - Projeto de Inovação Empresarial	ABER i4.0 - Projeto de Inovação Empresarial com vista à subida na cadeia de valor do setor da hidráulica pela aposta nos princípios da indústria 4.0 e produção de bens de elevado valor acrescentado (bombas hidráulicas de caudal variável) para os segmentos automóvel, gruas industriais e agricultura.
		ABER i4.0 - Projeto de Inovação Empresarial	ABER i4.0 - Projeto de Inovação Empresarial com vista à subida na cadeia de valor do setor da hidráulica pela aposta nos princípios da indústria 4.0 e produção de bens de elevado valor acrescentado (bombas hidráulicas de caudal variável) para os segmentos automóvel, gruas industriais e agricultura.
2	ADIRA - METAL FORMING SOLUTIONS, S.A.	SLMXL :: Sistemas de fabricação aditiva de peças metálicas de grande dimensão	--
		SLMXL :: Sistemas de fabricação aditiva de peças metálicas de grande dimensão	--
		ADIRA I4.0 :: Desenvolvimento de soluções tecnológicas e de software Indústria 4.0 aplicadas a bens de equipamento.	--
3	ALTRANPORTUGAL, S.A.	APTUS - Centro de Desenvolvimento de Software e Inovação em Machine Driven Big Data & Connected Media Services	--
		APTUS - Centro de Desenvolvimento de Software e Inovação em Machine Driven Big Data & Connected Media Services	--
4	APINEQ - APLICAÇÕES INDUSTRIAIS E EQUIPAMENTOS LDA	RoVol :: RoVol: Sistema robótico automatizado e inteligente para preparação e auxílio do processo de injeção em volantes para automóvel	O projeto RoVol visa o desenvolvimento de um sistema robótico a inserir em linhas de produção de volantes, capaz de realizar, de forma automática e inteligente, um conjunto de tarefas anteriores, durante e posteriores ao processo de injeção do poliuretano para produção de volantes automóveis.
5	ATEP - AMKOR TECHNOLOGY PORTUGAL, S.A.	IoT :: INTERNET OF THINGS IN PACKAGE: WAFER LEVEL MODULAR ARCHITECTURE FOR INTERNET OF THINGS	--
		3D 4 IoT - 3D for Internet of Things	--
6	CEI - COMPANHIA DE EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LDA	ADIMAQ :: Fabrico ADitivo por extrusão e MAQuinagem para produção híbrida de modelos, moldes e molações de grandes dimensões.	--
7	CIN-CORPORAÇÃO INDUSTRIAL DO NORTE, S.A.	CIN - Smart Factory for Innovative Coatings	Implementação do conceito de Fábrica Inteligente na Nave Central da CIN, recorrendo a métodos e tecnologias ligadas e controladas em rede, proporcionando elevados níveis de automação, eficiência, precisão e fiabilidade.
		CIN - Smart Factory for Innovative Coatings	Implementação do conceito de Fábrica Inteligente na Nave Central da CIN, recorrendo a métodos e tecnologias ligadas e controladas em rede, proporcionando elevados níveis de automação, eficiência, precisão e fiabilidade.
8	CORREIA, SOUSA & RIBEIRO LDA	Sistema robotizado para auto alimentação CNC	--
9	COURO AZUL - INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE COUROS S.A.	NANOCLEANLEATHER :: Desenvolvimento de pele natural para automóvel com propriedades de limpeza melhorada, com recurso a aditivos nanoestruturados	--

10	EDAETECH - ENGENHARIA E TECNOLOGIA S.A.	REXAER 4.0 - Reorganização e Expansão AERonáutica 4.0	REXAER 4.0 - Reorganização e Expansão AERonáutica 4.00 projeto inovador que a EDAETECH se propõe realizar estabelece a criação de uma nova unidade industrial e reforço do processo produtivo e desenvolvimento de soluções enquadradas na filosofia da Indústria 4.0.
11	EDIGMA, S.A.	ALASKA .: Alaska - Interactive Digital Signage Platform	Plataforma cloud-based de desenvolvimento de conteúdos interativos assente numa arquitetura distribuída que fomenta a gestão centralizada dos vários postos de DS e que integre diferentes periféricos numa lógica IoT para tornar os conteúdos context-aware e automaticamente adaptáveis.
12	EROFIO - ENGENHARIA E FABRICAÇÃO DE MOLDES S.A.	Custom3+   Ferramentas de Moldação Multimaterial para Produtos e Propriedades Customizáveis	O projeto Custom3+ visa o lançamento de um novo produto (ferramenta) integrando tecnologias aditivas e subtrativas. Estas ferramentas serão bastante inovadoras permitindo o fabrico de produtos poliméricos de três ou mais materiais distintos e proporcionam características de altíssima qualidade.
13	EURICO FERREIRA S.A.	Criação de um novo serviço unico no Mundo Selfnet - 5G juntamente com a implementação da internet das coisas no mercado nacional	--
		Criação de um novo serviço unico no Mundo Selfnet - 5G juntamente com a implementação da internet das coisas no mercado nacional	--
14	EXATRONIC, LDA	Contratação de Recursos Humanos Altamente Qualificados (PME)Centro	Para reforçar a capacidade de I+I será criado um departamento de engenharia de software especializado em embedded systems, middleware e cloud computing com o objetivo de capacitar a empresa para dar resposta às solicitações para participar em projetos de elevada complexidade relacionados com IoT, smart cities, mobilidade elétrica e e-health, reforçando a competitividade nos mercados externos. Para liderar será contratado um PhD desempregado.
15	FIDETEX-FIAÇÃO TEXTIL LDA	FIDETEX - Fiação da fibra de flor de lótus	O projeto engloba investimentos de ampliação das instalações, software de gestão da produção (industria 4.0) e a compra de um equipamento de fiação que permitirá trabalhar com vários materiais, não só algodão, permitindo-nos ser pioneiros a trabalhar a fibra de flor de lótus em Portugal.
16	GABRIMAT - MOLDAÇÕES INDUSTRIAIS LDA	INOVADORES PROCESSOS PRODUTIVOS, COM MÁQUINAS E AUTOMAÇÃO, PARA AUMENTO DA CAPACIDADE PRODUTIVA, PRODUTIVIDADE, COMPETITIVIDADE E INCREMENTO DE VENDAS TAMBÉM PARA MERCADOS INTERNACIONAIS.	Aumento da Capacidade Produtiva, com investimentos em processos produtivos inovadores, com Máquinas e Injeção Elétricas, Equipamentos Periféricos e outros, Automação com Robots, para poder, fabricar novos produtos diversificando a oferta e aumentar as vendas também para mercados internacionais.
17	GLNMOLDS, S.A.	additive.MILLING .: additive.MILLING - Add Milling to Additive Manufacturing	--
		additive.COOLING .: additive.COOLING - Add Cooling to Additive Manufacturing	--
18	ISICOM TEC - ENGENHARIA E AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL LDA	ISICOM TEC - Industria 4.0 feita por portugueses para o mundo	A ISICOM TEC pretende internacionalizar a sua atividade através da divulgação e comercialização das suas soluções tecnologicamente inovadoras, em especial os produtos de marca própria, em mercados de referência no que respeita ao sector Industrial.
19	JPM - AUTOMAÇÃO E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS, S.A.	AdaptPack .: Desenvolvimento de sistemas robóticos de paletização adaptativos e modulares de elevada flexibilidade	--



20	MACWIN - SISTEMAS INFORMÁTICOS S.A.	Núcleo de I&DT MacWin : Núcleo de Investigação e Desenvolvimento em Inteligência Artificial	Desenvolvimento de novas competências e tecnologias da computação avançada relacionadas com tecnologias de Inteligência Artificial (?machine learning?, ?deep learning? e ?data science?), aplicadas em plataformas de e-commerce.
21	MATCERÂMICA - FABRICO DE LOUÇA S.A.	direct.Ceramic : DIGITAL MANUFACTURING FOR CERAMIC?S MASS PRODUCTION	--
22	MD MOLDES - MANUEL DOMINGUES, UNIPessoal LDA	MD Moldes Business Intelligence Software - Desenvolvimento de plataforma de gestão global de negócio	--
23	MEGA DIES - CUNHOS E CORTANTES LDA	MEGA DIES INDUSTRY 4.0	--
		MEGA DIES INDUSTRY 4.0	--
24	MILÉNIO 3 - SISTEMAS ELECTRÓNICOS, LDA	Elysian	O projeto Elysian visa criar uma plataforma de hardware e software para a nova geração de unidades de marcação da Milénio3 para a gestão de acessos, assiduidade, produção, despesas e projetos, assente em SO Linux e segundo os paradigmas Cloud Ready, Mobile Ready e IoT.
25	MIND - SOFTWARE MULTIMÉDIA E INDUSTRIAL, S.A.	Digitalização avançada de materiais	--
26	NOBREGA & SILVA,S.A.	Implementação de soluções inovadoras de promoção e comunicação da organização	Implementação de processos inovadores, contemplando a adopção de uma plataforma tecnológica e suportada na web e nas valências de comunicação e integração com big datas do sector, casos das centrais de reservas dos grandes operadores e que permitiram eliminar alguns dos processos e da burocracia, com vista a uma maior fluidez e cadência dos processos.
27	PORCELANAS DA COSTA VERDE S.A.	RoboCer3D : Fabrico rápido de produtos em porcelana por R3D	--
28	PROBOS - PLÁSTICOS S.A.	LaserEdge : Orlas termoplásticas para aplicação com radiação laser	O projeto LaserEdge visa o desenvolvimento de novas orlas termoplásticas para aplicação com radiação laser (em ABS e PP), com novas formulações para a camada funcional, por via da utilização de diferentes bases poliméricas, grupos funcionais e aditivos, recorrendo ao processo de coextrusão.
29	SIMPLAC-TECNOLOGIA MECÂNICA, LDA	SI INOVAÇÃO PRODUTIVA - Integração efetiva e robotização dos processos de produção não série na rede da fábrica inteligente	--
30	SOCEM IMPACT - INVESTIGAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E ENGENHARIA DE MOLDES LDA	SM 4.0 - Smart Manufacturing	SM 4.0 - Smart Manufacturing, é um projeto de investimento em inovação de processos produtivos incorporando automação, com interligação de todos os fluxos recorrendo á digitalização dos processos numa perspectiva de Indústria 4.0
		SM 4.0 - Smart Manufacturing	SM 4.0 - Smart Manufacturing, é um projeto de investimento em inovação de processos produtivos incorporando automação, com interligação de todos os fluxos recorrendo á digitalização dos processos numa perspectiva de Indústria 4.0
31	VENTILAÇÕES MOURA LDA	Projecto de robotização de operações e de introdução e complementação de equipamentos de última geração com vista à introdução de novos produtos para complementação da oferta integrada, complementação da fi	--
	VENTILAÇÕES MOURA LDA	Projecto de robotização de operações e de introdução e complementação de equipamentos de última geração com vista à introdução de novos produtos para complementação da oferta integrada, complementação da fi	--

## Anexo III – Base de Dados do Estudo

Tabela 7- Base de dados utilizada no estudo, elaboração própria (2019)

Nº	VN		VAB		PAT		EXP	
	2018	2014	2018	2014	2018	2014	2018	2014
1	7,653,310	4,890,993	3,388,572	2,070,044	31,088	25,556	5,250,769	3,879,060
2	11,914,395	15,102,494	1,959,680	5,161,220	14,734	37,673	5,971,733	8,779,903
3	70,723,296	26,266,969	57,205,815	21,202,496	31,623	30,773	29,652,615	7,477,445
4	1,027,548	755,724	513,860	392,920	34,257	39,292	63,025	-
5	43,834,552	28,076,095	19,516,627	23,632,329	31,890	49,752	43,791,298	27,869,541
6	5,088,850	6,982,810	2,092,780	2,153,245	40,246	44,859	2,601,723	2,259,644
7	111,111,763	96,641,468	34,188,008	23,690,805	57,556	42,080	16,935,595	15,462,821
8	1,581,864	1,378,439	832,960	894,403	29,749	31,943	513,699	808,477
9	68,567,854	57,339,716	15,139,651	9,891,163	32,144	43,005	58,655,332	50,847,168
10	5,506,609	4,586,356	4,086,891	3,333,060	36,819	41,663	3,292,154	2,437,377
11	3,102,231	380,231	854,292	107,994	29,458	53,997	357,200	36,176
12	10,947,885	8,660,332	6,227,249	5,534,711	52,773	57,059	9,618,276	6,690,820
13	50,101,179	49,663,081	14,272,607	18,377,141	29,428	37,352	1,032,371	3,321,075
14	2,278,587	1,305,540	951,412	626,413	31,714	25,057	75,370	158,008
15	2,064,043	1,892,104	501,666	325,022	29,510	20,314	-	-
16	1,128,855	976,120	396,372	282,913	24,773	21,763	384,445	317,892
17	10,434,793	7,850,256	2,220,143	3,171,859	25,519	38,681	7,365,475	5,712,629
18	2,990,729	3,572,038	1,048,417	466,094	27,590	25,894	359,504	1,601
19	10,465,799	6,886,533	5,158,994	3,536,680	42,287	49,812	6,408,755	3,754,083
20	6,297,698	2,545,233	4,074,136	1,520,625	47,931	38,016	-	1,410
21	16,000,331	14,596,455	5,137,364	4,006,797	21,586	17,808	15,152,376	14,161,703
22	31,490,988	27,132,023	8,334,544	4,060,333	154,343	88,268	28,093,972	26,008,916
23	1,616,789	1,764,691	600,167	962,392	17,652	27,497	1,522,781	1,671,690
24	4,240,554	1,713,422	1,405,796	1,200,292	43,931	42,868	-	6,639
25	6,013,137	3,472,772	3,755,799	2,248,317	76,649	62,453	1,276,507	427,623
26	7,295,418	3,867,694	763,658	488,326	38,183	32,555	-	-
27	14,087,031	12,952,463	7,904,388	5,917,899	22,018	19,277	9,350,836	8,808,414
28	46,326,466	42,974,995	17,914,247	13,880,005	65,861	54,008	43,499,642	40,103,235
29	2,015,370	1,086,765	1,091,890	634,454	41,996	57,678	8,000	117,479
30	2,428,916	1,992,552	1,021,638	716,263	32,956	29,844	697,584	352,319
31	4,624,568	1,912,451	1,237,153	643,481	30,174	27,977	149,514	464,210

Nota: os dados assinalados a azul correspondem ao ano de 2017

Tabela 7- Base de dados utilizada no estudo (continuação), elaboração própria (2019)

Nº	ROA		LQD		AUTFIN		SOLV	
	2018	2014	2018	2014	2018	2014	2018	2014
1	3.52	5.27	2.55	1.60	33.46	39.16	50.29	64.36
2	(16.70)	1.98	0.64	1.21	9.81	33.20	10.88	49.70
3	15.14	9.11	1.26	0.99	40.19	49.20	67.21	96.85
4	5.19	6.05	2.48	2.02	44.64	45.39	80.65	83.12
5	(11.62)	1.18	0.28	1.24	21.84	21.47	27.95	27.34
6	7.92	2.03	2.35	2.91	44.45	50.15	80.01	100.59
7	3.44	1.32	0.85	2.07	32.32	34.96	47.74	53.74
8	9.13	15.56	3.20	2.18	73.52	65.12	277.62	186.66
9	8.04	2.34	1.89	1.16	54.66	16.09	120.57	19.18
10	9.21	19.02	5.24	3.14	79.07	66.66	377.67	199.96
11	(0.74)	2.21	1.07	1.54	16.30	7.59	19.48	8.21
12	8.92	13.58	3.61	2.80	71.33	59.88	248.81	149.28
13	5.34	13.55	0.96	1.10	33.01	43.00	49.27	75.43
14	7.64	1.24	2.94	5.12	47.77	47.43	91.48	90.22
15	1.02	2.58	1.94	1.22	30.40	26.34	43.68	35.77
16	1.24	0.74	1.54	1.92	50.80	61.66	103.23	160.80
17	(4.14)	7.39	1.03	1.32	13.65	27.30	15.81	37.55
18	5.53	7.85	0.98	1.09	17.08	14.79	20.60	17.36
19	8.74	11.66	1.56	2.45	57.73	47.40	136.56	90.13
20	40.50	6.74	1.36	1.16	51.85	16.42	107.70	19.65
21	2.60	0.49	1.02	1.16	36.63	32.59	57.79	48.35
22	8.90	7.53	1.99	1.85	58.62	50.26	141.65	101.05
23	(12.89)	4.87	1.94	1.55	54.71	41.86	120.81	72.00
24	2.83	3.35	6.09	8.49	88.49	89.76	768.86	876.53
25	19.80	1.52	3.33	1.96	73.50	58.89	277.41	143.26
26	4.39	1.38	1.25	2.94	6.94	56.47	7.46	129.72
27	7.95	5.10	3.72	3.24	70.01	53.89	233.42	116.87
28	9.79	6.89	1.18	0.74	79.75	57.18	393.89	133.52
29	5.24	16.57	1.01	1.24	47.84	39.52	91.73	65.33
30	(0.23)	5.09	1.28	1.58	19.31	30.53	23.93	43.95
31	3.18	4.57	1.09	1.01	30.33	29.69	43.54	42.23

Nota: os dados assinalados a azul correspondem ao ano de 2017