

iscte

INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

Impacto Da Indústria 4.0 na Indústria Dos Moldes – Caso De Estudo: Marinha Grande

Margarida Braz Grilo Santos

Mestrado em Economia da Empresa e da Concorrência

Orientador:
Prof. Doutor Vítor Hugo Santos Ferreira,
ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa

Outubro, 2022

iscte

BUSINESS
SCHOOL

Departamento de Economia

**Impacto Da Indústria 4.0 na Indústria Dos Moldes – Caso De Estudo:
Marinha Grande**

Margarida Braz Grilo Santos

Mestrado em Economia da Empresa e da Concorrência

Orientador:

Prof. Doutor Vítor Hugo Santos Ferreira,
ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa

Outubro, 2022

A ti, pai.

Agradecimentos

Esta dissertação representa uma etapa muito exigente da minha vida, não só a nível académico, como também profissional e sei que só foi possível graças às pessoas que tenho ao meu lado. Acredito que sem estas pessoas não teria conseguido chegar até aqui.

Posto isto, quero agradecer a todas as pessoas que fizeram parte desta longa caminhada.

Em especial aos meus amigos.

À minha irmã, por me conseguir dar sempre as melhores palavras de apoio, por ser o meu braço direito e por dar sempre tudo de si para me conseguir ajudar.

À minha mãe, por TUDO!

Ao Pedro, por toda a paciência, apoio e carinho.

Ao meu orientador, Professor Doutor Vítor Ferreira, por toda a paciência, colaboração, profissionalismo e por sempre se mostrar disponível e pronto para ajudar.

E, por último, e não menos importante, ao meu pai, que apesar de já não estar aqui, pensar nele fez me não desistir.

Resumo

Revoluções industriais têm acontecido ao longo do tempo e são marcadas por inovações que modificaram a todos os níveis a vida do ser humano. As três primeiras revoluções industriais tiveram um impacto significativo na indústria, aumentando significativamente a produtividade e eficiência, resultado de avanços tecnológicos inovadores, como os motores a vapor, a eletricidade e a tecnologia digital. Neste momento, a Quarta Revolução Industrial, mais conhecida como Indústria 4.0, pretende criar uma empresa digital, através da combinação de tecnologias físicas e digitais, que não seja apenas autónoma, mas também que seja interconectada, mais eficiente e produtiva.

O propósito da presente dissertação prende-se com a análise do Impacto da Indústria 4.0 na Indústria dos Moldes, com aplicação de um estudo à Zona Industrial da Marinha Grande. Nesse sentido, de forma a avaliar o impacto sentido na indústria dos moldes portuguesa, foi elaborado uma investigação qualitativa, baseada em cinco entrevistas a empresas de moldes portuguesas da zona industrial da Marinha Grande.

As entrevistas permitiram concluir que as empresas de moldes estão preparadas e bem informadas para a implementação da indústria 4.0, assim como bem equipadas com tecnologias 4.0. Por fim, a presente investigação permitiu concluir que o Impacto da Indústria 4.0 é positivo quando aplicada na Indústria dos Moldes, no entanto, se a amostra fosse maior seria possível observar impactos mais diferenciados.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Revoluções Industriais, Impacto, Tecnologias, Indústria dos Moldes

Classificação JEL: L60, M11, O33, O31

Abstract

Industrial revolutions have taken place over time and are marked by innovations that have changed the life of human beings at all levels. The first three industrial revolutions had a significant impact on industry, especially in the increase of productivity and efficiency, that are the result of innovative technological advances such as steam engines, electricity, and digital technology. At this moment, the Fourth Industrial Revolution, known as Industry 4.0, aims to create a digital company, through the combination of physical and digital technologies, that are not only autonomous, but also interconnected, more efficient and productive.

The purpose of this dissertation is to analyse the Impact of Industry 4.0 in the Mould Industry, with the application of a study to the Industrial Area of Marinha Grande. In order to evaluate the impact felt in the Portuguese mould making industry, qualitative research was developed based on five interviews with Portuguese mould making companies from Marinha Grande's industrial area.

The interviews allowed us to conclude that the mould companies are prepared and well informed for the implementation of Industry 4.0, as well as well equipped with 4.0 technologies. Finally, this research allowed us to conclude that the Impact of Industry 4.0 is positive when applied in the Mould making Industry, however, if the sample was bigger, it would be possible to observe more differentiated impacts.

Keywords: Industry 4.0, Industrial Revolutions, Impact, Technologies, Mould Industry

JEL Classification: L60, M11, O33, O31

Índice

Resumo.....	v
Abstract	vii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas.....	xi
Glossário de Siglas.....	xiii
CAPÍTULO 1	1
Introdução.....	1
CAPÍTULO 2	3
Revisão da Literatura	3
2.1 Evolução Histórica	3
2.2 Indústria 4.0.....	5
2.3 Pilares Tecnológicos da Indústria 4.0	6
2.3.1 Cyber-Physical Systems (CPS).....	7
2.3.2 Internet of Things (IoT).....	8
2.3.3 Impressão 3D.....	9
2.3.4 Big Data and Analytics	9
2.3.5 Robótica.....	10
2.3.6 Realidade Aumentada e Simulação.....	10
2.3.7 Inteligência Artificial.....	11
2.3.8 Cloud <i>Computing</i> (Armazenamento em Nuvem).....	11
2.3.9 Cibersegurança.....	12
2.3.10 Integração Vertical e Horizontal.....	12
2.4 Impactos e desafios da Indústria 4.0.....	12
CAPÍTULO 3	19
Indústria dos Moldes Portuguesa	19
3.1 Evolução Histórica da Indústria de Moldes Portuguesa.....	19
3.2 Caracterização da Indústria de Moldes Portuguesa.....	20
3.3 A Indústria dos Moldes na Região da Marinha Grande.....	22
CAPÍTULO 4	23

Metodologia.....	23
4.1 Introdução	23
4.2 Motivação e escolha da estratégia de investigação e de recolha de dados	23
4.2.1 Abordagem por Estudo caso	23
4.3 Seleção dos casos de Estudo	24
4.4 Métodos de Recolha de dados.....	25
4.2.2 Guião das entrevistas semiestruturadas.....	26
4.5 Contexto de Investigação	27
4.5.1 Grupo Moldoeste	27
4.5.2 TJ Moldes.....	28
4.5.3 Grupo IBEROMOLDES.....	29
4.5.4 VANGEST.....	30
4.5.5 INTERMOLDE	31
CAPÍTULO 5	33
Análise e Discussão dos Resultados	33
CAPÍTULO 6	43
Conclusões	43
6.1 Principais Conclusões	43
6.2 Limitações de Pesquisa e Sugestões para pesquisas futuras	46
Referências Bibliográficas	49
Anexos.....	55

Índice de Figuras

Figura 1- Evolução das Revoluções Industriais (elaboração própria)	5
Figura 2- Pilares Tecnológicos da I4.0 (elaboração própria)	7
Figura 3- Exportações da Indústria de Moldes Portuguesa (Cefamol, 2022)	21
Figura 4- Indústria clientes da Indústria de Moldes Portuguesa (Cefamol, 2022)	21
Figura 5- Grau de implementação do conceito I4.0 (elaboração própria)	34
Figura 6- Intenção de investir em tecnologias associadas à Indústria 4.0 (elaboração própria)	34
Figura 7- Intervalo de tempo de investimento das empresas inquiridas (elaboração própria)	36

Índice de Tabelas

Tabela 1- Apresentação geral das empresas entrevistadas (elaboração própria)	25
Tabela 2 - Relação entre os objetivos e as questões da entrevista semiestruturada (elaboração própria)	27
Tabela 3- Objetivo 1 - Questões de Entrevista (elaboração própria)	33
Tabela 4- Grau de implementação do conceito I4.0- empresas (elaboração própria).....	34
Tabela 5- Tecnologias I4.0s implementadas pelas empresas (elaboração própria).....	35
Tabela 6- Nível de preparação das empresas de moldes na adoção da I4.0 (elaboração própria) ...	37
Tabela 7- Motivações para a Implementação da I4.0 (elaboração própria)	39
Tabela 8- Objetivo principal - Questões de Entrevista (elaboração própria)	41

Glossário de Siglas

CEFAMOL – Associação Nacional da Indústria dos Moldes

CPS – *Cyber-Physical Systems*

I4.0 – Indústria 4.0

IoT – *Internet of Things*

IA – Inteligência Artificial

IT - Tecnologia de Informação

KPIs – Indicadores-chave de desempenho

CAPÍTULO 1

Introdução

O mundo está a evoluir a um ritmo alucinante e a indústria também. As mudanças no mercado fizeram com que as empresas entrassem numa corrida pela inovação e deixassem os processos de produção clássicos para se voltarem para as novas exigências do mercado. A globalização dos mercados, faz com que as empresas estejam constantemente a alterar a sua forma de fazer negócio, de forma a estarem um passo à frente da competição e, por isso, apostam na introdução de novas tecnologias digitais que lhes permite não só alcançar resultados positivos em toda a cadeia de valor, como também a aplicação do conceito de customização em massa, de forma a conseguirem responder às necessidades e exigências de cada cliente (Waller & Fawcett, 2013; Pereira & Romero, 2017). Estas novas tecnologias facilitam a vida quotidiana e profissional, pois tornam os trabalhos mais fáceis, rápidos e melhores, levando a um aumento de produção da empresa, assim como a um aumento dos lucros.

Durante toda a história da humanidade foi possível observar várias revoluções industriais que são representadas, até aos dias de hoje, por mudanças radicais e disruptivas que vieram trazer novas formas de produzir, novas formas de fazer negócio e novas formas de entender o mundo.

Atualmente, estamos perante a Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0 (Magruk, 2016) que consiste na adoção de ferramentas tecnológicas que unem o mundo físico, digital e biológico, permitindo aumentar a eficiência, flexibilidade e produtividade, tornando as empresas mais ágeis e inteligentes, capazes de produzir com uma qualidade, outrora nunca antes vista (Rüßmann, et al., 2015). Esta revolução distingue-se pela sua amplitude e rapidez de evolução, caracterizada pelo impacto significativo que tem em toda a cadeia de valor de uma organização. A constante digitalização dos processos e dos produtos veio permitir uma melhoria não só na sociedade, mas também na indústria. O surgimento da *internet* trouxe consigo uma melhoria da comunicação e uma troca de informação mais rápida, possibilitando às empresas oferecer produtos customizados a preços mais competitivos.

A indústria é crucial para a economia de qualquer país, pois permite o crescimento económico, a criação de emprego e consequentemente o aumento da população. No entanto, a realidade industrial é muito complexa e constituída por várias organizações em mercados diferentes que se encontram em níveis de evolução e uso de tecnologia distintos. O setor dos moldes é um dos mais importantes e com maior peso na economia portuguesa. E por isso, num

contexto de mudança de paradigma tecnológico, é fundamental entender o impacto que a aplicação de tecnologias associadas à Indústria 4.0 têm no desempenho das empresas e se estas estão a conseguir melhorar a sua performance. Esta análise é conduzida num estudo caso de várias empresas da Indústria dos Moldes que enfrentam esta nova revolução industrial.

Tendo em conta que a aplicação de tecnologias associadas à Indústria 4.0 tem um impacto significativo em qualquer indústria e altera todo o contexto e processo organizacional da mesma, surgiram outros objetivos neste estudo como: avaliar o nível de implementação das empresas face a este novo paradigma industrial e analisar as adaptações que foram necessárias de fazer nas mesmas, tanto a nível de processos como de recursos humanos, visto que influencia como se trabalha, produz e se faz negócio.

Posto isto, o foco principal da minha dissertação é perceber o impacto da Indústria 4.0 na performance das empresas de moldes portuguesas, em particular nas maiores empresas de moldes da zona industrial da Marinha Grande. Assim, foi imperativo definir vários objetivos de forma a alcançar resultados válidos: O primeiro e segundo objetivo consistem na análise do nível de implementação das tecnologias da Indústria 4.0, assim como do nível de preparação das empresas para adotar estas tecnologias. O objetivo a seguir é identificar os fatores que facilitam e dificultam a implementação do conceito I4.0, de forma a ter uma visão mais precisa dos principais prós e contras que as empresas lidam no seu dia-a-dia. Os dois objetivos finais da investigação dizem respeito às principais motivações para a implementação da Indústria 4.0 no setor dos moldes e, por fim, perceber o impacto da aplicação da Indústria 4.0 no desempenho operacional das empresas de moldes portuguesas.

A presente investigação encontra-se dividida em seis capítulos. O primeiro capítulo é referente à introdução, onde está refletido a importância do tema em estudo e os objetivos principais desta dissertação. O segundo capítulo, diz respeito à Revisão da Literatura, no qual são apresentadas as várias revoluções industriais, uma definição do que é a Indústria 4.0 e respetivos pilares tecnológicos, terminando com a apresentação dos impactos da I4.0 na indústria. No terceiro capítulo, é feita uma caracterização da Indústria de Moldes Portuguesa, bem como da Indústria de Moldes na região da Marinha Grande. De seguida, no quarto capítulo, está presente a metodologia utilizada para responder às questões de investigação e uma apresentação das empresas de moldes portuguesas em estudo. O quinto capítulo aborda a análise e discussão dos resultados. E, por fim, o sexto e último capítulo, apresenta as conclusões obtidas, as suas limitações, assim como sugestões para investigações futuras.

CAPÍTULO 2

Revisão da Literatura

2.1 Evolução Histórica

As Revoluções Industriais têm acontecido durante toda a história da humanidade e são representadas por mudanças radicais e disruptivas quando novas tecnologias e novas formas de entender o mundo surgem, causando um impacto profundo na vida do ser humano (Bonciu, 2017). Nos últimos anos, a indústria mudou profundamente devido a sucessivos avanços, desenvolvimentos tecnológicos e inovações que revolucionaram a vida do ser humano em todos os aspectos.

A Primeira Revolução Industrial surgiu no Reino Unido, no final do século XVIII e foi a revolução mais profunda da história da humanidade, devido ao seu impacto na vida quotidiana das pessoas. Esta revolução industrial foi a transição dos métodos de produção manual para a produção através de máquinas a vapor, movidas maioritariamente a carvão, e processos de produção que recorriam à utilização de químicos, ferro e água. A disponibilidade de potência mecânica permitiu a utilização de máquinas e uma menor dependência dos animais, tornando a produção mais rápida e mais eficaz (Gehrke, et al., 2015; Younus, 2017). Além disso, durante a primeira revolução, assistiu-se a um aumento, sem precedentes, da população.

Esta Revolução marcou a mudança de uma economia agrária e artesanal para uma economia dominada por maquinaria (Dima, 2021). A dramática redução do custo do material e do tempo de produção teve impacto em várias indústrias, incluindo a indústria têxtil, sendo a indústria dominante desta Revolução Industrial, em termos de emprego, valor da produção e capital investido (Xu, David, & Kim, 2018).

A combinação do motor a vapor e a produção mecanizada criou uma mudança radical na produção (Philbeck & Davis, 2019). Esta alteração dos processos produtivos trouxe mudanças significativas a nível económico, político e social.

No século XIX (1850-1970), surgiu a Segunda Revolução Industrial (Indústria 2.0) que é caracterizada pelo período em que os produtos industriais cresceram tanto em volume como em variedade (Yin, Steckeb, & Li, 2018). Foi neste período que surgiu a utilização de tapetes de transporte, dando origem ao "Fordismo" que permanece incorporado na nossa história (Bloem, et al., 2014). O Taylorismo juntamente com o Fordismo foram um marco da Segunda Revolução Industrial. O principal objetivo do Taylorismo era melhorar a eficiência económica,

especialmente a produtividade do trabalho, enquanto o Fordismo se baseava na produção em massa.

Durante o período da Segunda Revolução Industrial, surgiram novas invenções, incluindo o telefone e a rádio, mas foi a eletricidade e a produção em massa as que se destacaram mais (Pozdnyakova, Golikov, Peters, & Morozova, 2019). Estes desenvolvimentos influenciaram a sociedade e mudaram o ambiente de trabalho. A Indústria 2.0 é referida como o período do aumento económico, da produção em massa e da urbanização, como resultado da migração do rural para o urbano com o propósito de emprego (Hackett, 1992).

A Terceira Revolução Industrial, a chamada Revolução Digital, ocorreu após a Segunda Guerra Mundial, nos meados de 1940 e moldou um mundo do pós-guerra que precisava de novas estruturas económicas (Philbeck & Davis, 2019). A Indústria 3.0 talvez tenha sido e ainda seja um resultado direto do enorme desenvolvimento em computadores e indústrias de tecnologias de informação e comunicação para muitos países (Kumar, Bawge, & Kumar, 2021).

A Revolução Digital foi uma das causas da transição das tecnologias mecânicas e analógicas para as tecnologias digitais dos dias de hoje, permitindo a automatização das máquinas, que possibilitou um aumento de eficiência e produtividade, bem como uma diminuição nos custos de produção (Duarte, Sanches, & Dedini, 2018). É caracterizada pela utilização de microprocessadores, fibra ótica, telecomunicações, biogenética, laser e pelo uso de energias renováveis, com várias fontes de energia (nuclear, eólica, hidrelétrica e petróleo). Todos estes avanços tecnológicos proporcionaram um crescimento da economia e a criação de oportunidades para as empresas e pessoas.

No século XXI assistiu-se a uma transformação ainda mais profunda. A fusão entre o mundo real e o mundo virtual originou uma nova revolução industrial, a chamada Quarta Revolução Industrial ou “Indústria 4.0”, baseada na integração de um conjunto de desenvolvimentos tecnológicos que estão a ter impacto não só na indústria, como na economia, sociedade e ambiente.



Figura 1- Evolução das Revoluções Industriais (elaboração própria)

2.2 Indústria 4.0

Hoje vivemos uma nova era tecnológica, a Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0 e representa uma mudança profunda na forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos uns com os outros (Magruk, 2016). Acredita-se que a Indústria 4.0 não se limita à própria indústria, mas também a nível económico, ambiental e social (Dubkevics & Barbars, 2010).

A Quarta Revolução Industrial é caracterizada por tendências futuras de desenvolvimento da indústria para alcançar processos de produção mais inteligentes, incluindo a confiança e construção de sistemas ciber-físicos, e a implementação e operação de fábricas mais inteligentes que usam técnicas e tecnologias avançadas (Schwab, 2016; Zhou, Liu, & Zhou, 2015).

Este novo paradigma industrial está relacionado com a criação das “*Smart factories*” (Dutton, 2014), uma vez que a I4.0 torna as empresas mais inteligentes, flexíveis e dinâmicas ao equipá-las com tecnologias de ponta e sistemas autónomos (Roblek, Meško, & Krapež, 2016). Através das “fábricas inteligentes”, a Quarta Revolução Industrial cria um mundo em que os sistemas de produção virtuais e físicos cooperam globalmente de uma forma flexível (Schwab, 2016).

O termo “Indústria 4.0” tornou-se conhecido publicamente em 2011 durante a Feira de *Hannover* na Alemanha, e surgiu como uma estratégia de longo prazo do governo alemão, com o intuito de aumentar a produtividade das suas empresas (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013).

Esta Quarta Revolução Industrial distingue-se pela sua amplitude, diversidade e rapidez de evolução e visa aumentar a competitividade das empresas através do desenvolvimento da inovação de processos, produtos e modelos de negócio utilizando a implementação e

combinação de novas tecnologias físicas e digitais como a *Internet of Things (IoT)*, *Cyber-Physical Systems*, Inteligência Artificial (IA), Robótica, Impressão 3D, *Big Data*, Realidade Aumentada entre outras que vieram unir os mundos físico, digital e biológico. Através destas novas tecnologias, é possível alcançar resultados positivos em termos de eficiência, produtividade e flexibilidade (Pereira & Romero, 2017). Além disso, o investimento em novas tecnologias possibilita uma melhor colocação no mercado (Hiskey, 2017) .

Kagermann et. Al (2013) afirmam que a Indústria 4.0 é um conjunto de sete conceitos: fábricas inteligentes, sistemas ciberfísicos, auto-organização, novos sistemas de distribuição e de procura, novos sistemas no desenvolvimento dos produtos e serviços, adaptação às necessidades humanas e responsabilidade social corporativa.

Atualmente, já são vários os países que estão a adotar este novo paradigma industrial. Em Portugal, foi lançada em janeiro de 2017, uma estratégia nacional com o objetivo de digitalizar e inovar a indústria portuguesa, com especial enfoque nas Pequenas e Médias empresas, como motores de mudança (European Commission, 2017).

A Indústria 4.0 é desencadeada por tecnologias digitais e tecnológicas que têm um impacto significativo nas indústrias. A implementação destas novas tecnologias permite às empresas aumentos significativos na segurança, produtividade e eficiência. Assim, de modo a sobreviverem num mercado competitivo, as empresas precisam de repensar a forma como gerem o seu negócio e optar mais pela transformação digital (Wee, Kelly, Cattel, & Breunig, 2015). Por conseguinte, começaram a perceber que se conseguirem ligar tecnologia, produção eficiente e baixos custos estarão um passo à frente no seu sector (Pinto M. , 2020). Por isso, passaram a focar-se na I4.0 de modo a conseguirem ganhar eficiência e flexibilidade na produção.

Por último, a Indústria 4.0 permite que os dados, a informação e os processos fluam por toda a organização e cadeia de valor, de maneira que todas as pessoas, máquinas ou produtos, possam tomar decisões de forma racional, informada e antecipadamente.

2.3 Pilares Tecnológicos da Indústria 4.0

As Revoluções Industriais sempre foram caracterizadas pelo surgimento de novas tecnologias que causam profundas e rápidas mudanças na economia, sociedade e produção, mudando profundamente a humanidade. Inovações disruptivas e desenvolvimentos nas tecnologias digitais, físicas e biológicas deram origem à Quarta Revolução Industrial. As tecnologias são consideradas como o cerne da Quarta Revolução Industrial, dado que a interconexão na

indústria 4.0 é suportada pela adoção de software, sensores, processadores e tecnologias de comunicação (Bahrin, Othman, Azli, & Talib, 2016). A utilização destas tecnologias visa a melhoria do desempenho das indústrias, de modo a manter a competição entre as empresas. A Indústria 4.0 tem como foco atingir o maior nível de eficiência e produtividade, bem como de automatização (Thames & Schaefer, 2016). Assim, a I4.0 é o resultado de um conjunto de tecnologias que trazem soluções mais inovadoras, inteligentes, flexíveis e completamente independentes.

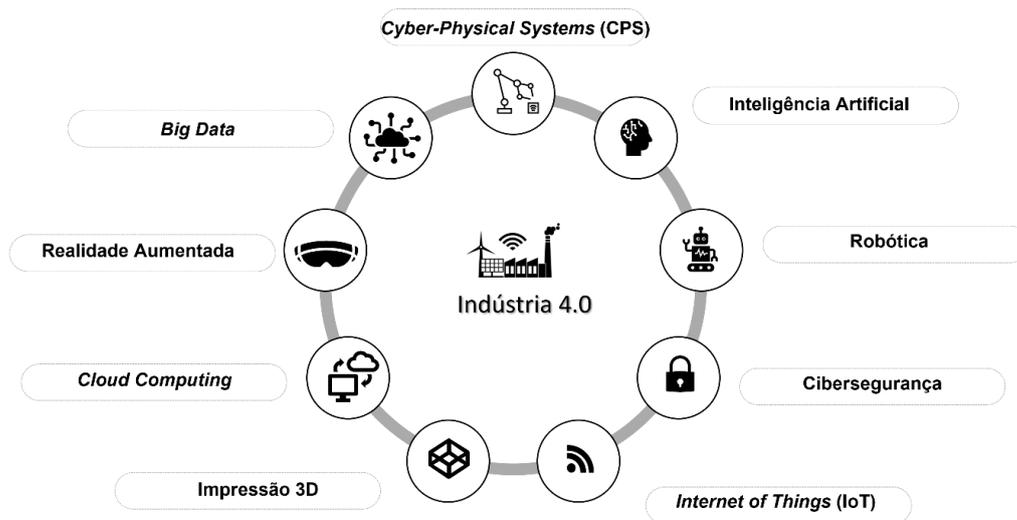


Figura 2- Pilares Tecnológicos da I4.0 (elaboração própria)

2.3.1 Cyber-Physical Systems (CPS)

Cyber-Physical System (CPS) são muitas vezes usados para definir Indústria 4.0 e representam um dos maiores avanços na informática e nas tecnologias de informação e de comunicação (Monostori, 2014). Tal como o nome sugere, são a combinação de processos físicos e computacionais, que são componentes essenciais das implementações da Indústria 4.0 (Lee, Bagheri, & Kao, 2015). Estes sistemas são a interação entre o físico e virtual, com o objetivo de monitorizar, controlar e coordenar processos físicos através de sensores, atuadores e processadores. Os CPS têm recursos que incluem acesso mais rápido às informações, manutenção preventiva, tomada de decisão pré-definida e processos de otimização. De acordo com Wan et al. (2011), os CPS são sistemas complexos que integram a computação, a comunicação e o controlo.

A introdução dos *Cyber-Physical Systems* (CPS) nas fábricas dos dias de hoje proporciona diversas melhorias nos produtos, nas máquinas e nos sistemas de produção. No entanto, o

sucesso da implementação dos CPS e sua eficácia depende muito das condições e infraestruturas das fábricas (Silva, Dionísio, & Almeida, 2020). O objetivo é melhorar a produção, para que seja mais inteligente, de forma a que produtos, máquinas e redes comuniquem e interajam entre si durante todo o processo de produção, conduzindo à inovação em vários setores. Acredita-se que no futuro estes sistemas irão trazer significativas mudanças na segurança, eficiência, conforto e saúde.

2.3.2 Internet of Things (IoT)

Inicialmente, quando o termo da *Internet of Things* surgiu pela primeira vez, referia-se unicamente às informações identificadas por radiofrequência (RFID). Atualmente, a *Internet of Things* (IoT) ou também conhecida como Internet das Coisas corresponde a um conjunto de sensores e atuadores que facilitam a comunicação e a troca de informação entre pessoas, produtos e máquinas através da *Internet*.

A *Internet das Coisas* também é frequentemente associada às “*Smart Factories*”, por levar à criação de um ambiente de produção inteligente através da conexão de todos os elementos do processo de produção via internet (Shariatzadeh, Lundholm, Lindberg, & Sivard, 2016). Fornece à fábrica a capacidade de recolher dados em tempo real e transmitir os dados rapidamente, permitindo assim a operação remota da produção (Yang, et al., 2017). A *Internet das Coisas* é a combinação de diferentes tecnologias e abordagens baseadas na conexão entre objetos físicos e a internet, permitindo a execução de forma coordenada de uma determinada ação. Esta não está apenas associada aos computadores, mas a todo o tipo de coisas que estão ligadas à internet independentemente do tipo e do tamanho. O objetivo central da IoT é conseguir conectar as coisas em qualquer lugar, momento e com qualquer coisa em tempo real.

A Indústria 4.0 baseia-se no conceito da IoT, visto que provocou uma série de mudanças na forma como vivemos e trabalhamos. Na indústria, causou impactos no fabrico e manutenção da indústria, desde a redução dos ciclos de produção até à automatização das máquinas (Mohelska & Sokolova, 2018). A *Internet das Coisas* traz um leque de benefícios a nível económico, social e industrial. Esta tecnologia usa a internet e aparelhos inteligentes para fornecer soluções inovadoras a várias áreas de negócio, indústrias, serviços, ensino, saúde, etc. (Kumar, Tiwari, & Zymbler, 2019). O uso de *Internet of Things* permite uma melhoria da eficiência, produtividade, experiência do cliente e qualidade do produto, assim como uma redução nos custos de operação e manutenção e possibilita às empresas diferenciarem-se da competição (Kamble, Gunasekaran, & Gawankar, 2018). Na indústria, tecnologias de IoT como machine-to-machine (M2M) estão a

ser utilizadas cada vez mais, de modo a melhorar a eficiência e a flexibilidade na produção. Esta tecnologia tem vindo a proporcionar soluções inovadoras para a digitalização das fábricas, gestão do inventário, logística e para a gestão das empresas (Kumar, Tiwari, & Zymbler, 2019; Gole, Méndez-Villamil, Micheletti, & Magnani, 2021).

2.3.3 Impressão 3D

Impressão 3D, tecnologia aditiva ou impressão tridimensional é um dos maiores avanços da produção. Este processo de fabrico consegue criar objetos físicos a partir de uma representação geométrica através da adição de material (Shahrubudina, Lee, & Ramlan, 2019). É uma tecnologia que oferece vários benefícios às organizações, pois permite a produção de pequenos lotes de produtos customizados com um design complexo e leve através de uma produção por camadas, a partir de materiais como o plástico, a cerâmica e o metal (Low, et al., 2017; Kamble, Gunasekaran, & Gawankar, 2018). A impressão 3D possui várias vantagens como o aumento da produtividade, permitindo a produção em massa em produtos da indústria médica, automóvel e aeroespacial. A melhoria na eficiência na produção e na qualidade do produto, bem como a redução de desperdício são outras das vantagens desta tecnologia. A tecnologia aditiva é bastante utilizada na indústria, devido à sua versatilidade e flexibilidade e pela sua rapidez de prototipagem que permite reduzir o tempo de produção e diminuir os custos na produção customizada (Berman, 2012). Esta tecnologia aumentou significativamente o uso da produção customizada e é usada em vários setores da indústria (Keleş, Blevins, & Bowman, 2017).

2.3.4 Big Data and Analytics

A Indústria 4.0 é caracterizada pela sua rapidez de evolução sem precedentes e pela quantidade de informação que é produzida. A quantidade de dados que é gerada e recolhida nos dias de hoje é enorme e, por conseguinte, impossível de fazer uma gestão manual. Deste modo, foi criado o *Big Data* que veio possibilitar uma seleção e análise de dados mais eficiente e rápida.

O *Big Data Analytics* está relacionado com a criação, recolha, processamento e transformação de grandes volumes de dados, permitindo uma tomada de decisão mais rápida, otimizada e em tempo real (Bahrin, Othman, Azli, & Talib, 2016). É utilizada na monitorização e deteção de erro durante o processo de produção, provocando um crescimento de produtividade (Stanlovic, Gupta, & Figueroa, 2017). O seu objetivo é transformar dados em informação útil, de forma a gerar valor para toda a cadeia de produção. Esta tecnologia tem vindo a ser utilizada

por muitas empresas por ter as ferramentas necessárias, como a inteligência artificial, para recolha, armazenamento, gestão e análise de dados. Portanto, a utilização crescente de sensores e máquinas numa rede permite a produção contínua de uma grande quantidade de dados, o *Big Data* (Roth, Schwede, Valentinov, & Pérez-Valls, 2020).

2.3.5 Robótica

Os robôs desempenham um papel importante na indústria. Uma parte essencial da Indústria 4.0 é a automação da produção que é gerada através dos robôs que conseguem completar tarefas de forma inteligente, segura, flexível e versátil (Bahrin, Othman, Azli, & Talib, 2016). A robótica caracteriza-se pela forma como os dispositivos funcionam de forma autónoma e pelas capacidades de estes interagirem com as pessoas e conseguirem modificar o seu comportamento a partir de sensores. Os chamados cobots são os robôs destinados a interagirem diretamente com humanos num ambiente de trabalho colaborativo forma segura e eficiente através da inteligência artificial. A utilização de robôs permite produzir produtos com alta precisão e melhor qualidade em menos tempo (Bahrin, Othman, Azli, & Talib, 2016). A adoção da robótica nas indústrias tem vindo a aumentar, com o intuito de aumentar a produtividade, produzir produtos de alta qualidade a preço baixo e ir ao encontro das necessidades do cliente (Goel & Gupta, 2020).

2.3.6 Realidade Aumentada e Simulação

A Realidade Aumentada integra informações virtuais no mundo real, ou seja, permite, através de interfaces de comunicação que os objetos digitais sejam colocados no mundo físico (Masood & Egger, 2019). Os componentes básicos de um sistema de AR são a tecnologia de visualização, uma câmara, um sistema de rastreamento e a interface do usuário. Esta interação entre o real e o virtual surgiu como forma de facilitar a simulação e o planeamento (Wang, Ong, & Nee, 2016). A aplicação da Realidade Aumentada na Indústria veio trazer melhorias na comunicação no design do produto e no desenvolvimento do processo produtivo, visto que ajuda a identificar e evitar erros nas primeiras fases de produção, reduzindo o número de protótipos físicos e poupa tempo e custos às empresas (De Pace, Manuri, & Sanna, 2018).

A Simulação é a utilização dos dados obtidos e processados do *Big Data* e *Cloud Computing* para a realização de um modelo virtual, de forma a analisar-se todos os cenários possíveis relacionados com o design, desenvolvimento e produção do produto. Esta tecnologia é

geralmente usada em modelos de negócio para aproveitar os dados disponíveis em tempo real e simular o mundo real de trabalho num ecossistema virtual. O teste e a otimização dos processos por meio de Simulação permitem a diminuição do risco e do tempo de configuração e melhorem o controlo de qualidade (Ghadge A. , Kara, Moradlou, & Goswami, 2020).

2.3.7 Inteligência Artificial

Atualmente, uma das mais importantes tecnologias da Indústria 4.0 é a Inteligência Artificial que tem como objetivo modelar e simular a inteligência humana em competências como a percepção, tomada de decisões, compreensão, aprendizagem, entre outras, sem qualquer intervenção humana (Lee, Davari, Singh, & Pandhare, 2018). Na indústria, graças aos sensores da IoT instalados nos sistemas de produção, a IA torna a produção mais eficiente e permite previsões mais precisas. Além disso, as tecnologias de IA permitem reconhecer imagens, ordenar os produtos automaticamente e identificar defeitos, melhorando a qualidade do produto (Benotsmane, Kovács, & Dudás, 2019) .

2.3.8 Cloud Computing (Armazenamento em Nuvem)

Tal como as nuvens que é um conjunto moléculas de água, o termo “*Cloud*” em *Cloud Computing* é um conjunto de redes. *Cloud Computing* é um termo geral que se refere a sistemas informáticos que oferecem um leque de recursos através da *Internet* (Xu X. , 2012), tais como servidores, armazenamento, base de dados, redes, softwares, análises entre outras, proporcionando uma inovação mais rápida, recursos flexíveis e economia de escala (Javaid, et al., 2020). Os centros de *Cloud Computing* podem armazenar e calcular uma enorme quantidade de dados, promovendo assim às empresas um maior desempenho e menores custos na produção (Mitra, Kundu, Chattopadhyay, & Chattopadhyay, 2017). Esta tecnologia tem um papel crucial no desenvolvimento da IoT e tem a vantagem de carregar um grande volume de dados, aumentando o alcance do *Big Data*.

A *Computação em Nuvem* desempenha um papel fundamental na melhoria e transformação da Indústria atual, uma vez que é uma espécie de *outsourcing* que combina um grande número de servidores e recursos de computação com vista a oferecer programas informáticos, serviços de alto nível e recursos que facilitam a troca e o compartilhamento de dados eficientes (Xu, Xu, & Li, 2018). O *Cloud Computing* permite às empresas custos de produção reduzidos e aumentos significativos de eficiência, evitando assim grandes

investimentos em equipamentos. Desta forma é possível obter um maior lucro no domínio industrial (Bhardwaj, Jain, & Jain, 2010).

2.3.9 Cibersegurança

A *Internet of Things*, o acesso remoto, a *cloud* e qualquer outro aparelho conectado à *internet* representam várias oportunidades da Indústria 4.0, no entanto são a principal razão dos ataques cibernéticos. Assim, foi criado o termo cibersegurança que é um conjunto de tecnologias que visam proteger todos os dados e informação que é gerada na indústria.

2.3.10 Integração Vertical e Horizontal

Atualmente muitos dos sistemas de IT não estão completamente integrados. No entanto, isso é possível através da aplicação da integração vertical e horizontal (Rüßmann, et al., 2015).

Integração Vertical é referido como a existência de vários sistemas de integração nos diferentes níveis hierárquicos com o objetivo de entregar uma solução, simplificando assim a forma de trocar informações entre os diferentes níveis (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013). Durante todas as etapas do processo de produção, os fabricantes, através de sensores e atuadores conseguem controlar a qualidade do produto e reduzir o desperdício.

Por outro lado, a Integração Horizontal consiste na troca de dados e informações em tempo real dentro da empresa ou entre diferentes empresas (Brettel, Friederichsen, Keller, & Rosenberg, 2014). Refere-se à agregação de vários sistemas de informação que são utilizados durante todo o processo de produção e abrangem toda a cadeia de valor (Cordes & Stacey, 2017).

2.4 Impactos e desafios da Indústria 4.0

Esta Quarta Revolução Industrial caracteriza-se por estar a transformar a indústria e o fabrico, tendo como objetivo o aumento e melhoria dos níveis de conexão e interoperabilidade entre o mundo físico e virtual. À medida que a tecnologia avança, a empresa torna-se mais dinâmica, intuitiva, ágil e assertiva (Aneme). A Indústria 4.0 está cada vez mais a ser promovida como a chave para melhorar toda a cadeia de valor, com a emergência das tecnologias inovadoras que causam efeitos profundos, quer nos sistemas de produção, quer nos modelos de negócio (Pereira & Romero, 2017). Tendo em conta que a Indústria 4.0 consegue revolucionar os

sistemas de fabricação em termos de operação, produto, design, processos de produção e serviços em toda a cadeia de valor, espera-se que a Quarta Revolução Industrial tenha impactos positivos em toda a indústria (Dallasega, Rauch, & Linder, 2018). Segundo Pereira & Romero (2017) a I4.0 irá causar impactos profundos em diferentes áreas tais como: Indústria, produtos e serviços, modelos de negócio, economia, ambiente de trabalho e desenvolvimento de competências.

As transformações digitais e tecnológicas impactam transversalmente todas as empresas, independentemente do seu setor de atividade ou dimensão. A I4.0 tem um triplo impacto sobre as empresas no que diz respeito ao desenvolvimento de novos processos, produtos e modelos de negócio, frutos de aumentos de produtividade, crescimento do volume de negócios e melhorias de eficiência (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013).

A Indústria 4.0 trouxe à indústria novos padrões de produção descentralizados e digitalizados, nos quais os elementos de produção são altamente autônomos em que conseguem responder às alterações do ambiente de forma independente (Pereira & Romero, 2017). As empresas, por influência da Quarta Revolução Industrial, estão a optar pela customização em massa, onde cada produto é criado como um lote de um, no qual é possível combinar a flexibilidade e personalização dos produtos customizados com os princípios de eficiência e qualidade da produção em massa, resultando numa produção menos dispendiosa (Geissbauer, Vesdo, & Schrauf, 2016; Lu, 2017). Desta forma, os processos produtivos tornam-se mais eficientes, flexíveis e rápidos, aumentando a produtividade e qualidade dos mesmos (Rüßmann, et al., 2015). A customização do produto, permite ciclos de produção mais curtos e otimizados, e uma maior adaptação e flexibilidade ao mercado, possibilitando às empresas ganhar mais mercados e responder de forma mais rápida às preferências e necessidades dos clientes e aproveitar ao máximo as oportunidades do mercado (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013). Além disso, os processos de produção são significativamente afetados pelo surgimento das fábricas inteligentes e tecnologias emergentes, como a *Internet das Coisas*, impressão 3D e os robôs, melhorando a flexibilidade e a eficiência operacional (Pereira & Romero, 2017). A integração de tecnologias como a *Internet of Things*, a Robótica, a Inteligência Artificial e o *Big Data* permite às empresas uma melhoria nos seus produtos, serviços e sistemas e assegura eficiência e o fluxo contínuo de informação, bem como a prevenção de falhas e necessidades futuras (Mussomeli, Dollar, et al., 2017; Mussomeli, Laaper, et al., 2017; Sniderman & Cotteleer, 2017). Através dessa integração, as empresas conseguem otimizar o controlo de stock, pessoal, consumo de energia, matérias-primas, simular cenários possíveis e tomar melhores decisões em relação à estratégia da empresa.

As novas tecnologias e o nascimento das fábricas inteligentes terão um impacto significativo nos processos e operações de produção, proporcionando maior flexibilidade operacional e a utilização mais eficiente dos recursos (Abdelmajied, 2022). Este novo paradigma está a mudar o cenário industrial atual pela digitalização da produção, automação e integração do local de fabricação para uma *supply chain* maior.

O uso da IoT torna o processo de fabricação mais inteligente e dinâmico, criando um ambiente onde a automação e a otimização ajudam as máquinas e equipamentos a melhorar os processos de produção (Agostini & Filippini, 2019). A IoT consegue identificar possíveis falhas e anomalias durante o processo produção, permitindo uma redução de desperdício de recursos e uma melhoria na qualidade do produto.

O surgimento das novas tecnologias disruptivas vieram mudar não só a forma como os produtos e serviços são vendidos e entregues ao cliente, mas também a relação entre os fabricantes e clientes tornando uma interação mais próxima e eficaz, usando um constante fluxo de dados de sistemas conectados para aprender e adaptar às novas condições e até mesmo começar a prever ao invés de reagir (Foidl & Felderer, 2015). Assim, numa indústria que é focada na inovação, automação e qualidade dos produtos e serviços, os modelos de negócio têm de ser alterados e adaptados às exigências do mercado, de forma a ser possível concretizar vendas recorrentes e de maior valor. A crescente digitalização da produção industrial, aliada à integração e complexidade dos sistemas, resultará no estabelecimento de modelos de mercado cada vez mais sofisticados e digitais, aumentando a competitividade ao remover as barreiras entre a informação e as estruturas físicas (Pereira & Romero, 2017).

A Indústria 4.0 está a transformar os postos de trabalho e as habilidades necessárias, causando impacto no mercado de trabalho e ambiente de desenvolvimento de habilidades. O uso de robôs e máquinas inteligentes, nas operações diárias de fabricação, estão a fundir o mundo virtual e físico transformando o ambiente de trabalho, como resultado os trabalhadores devem estar preparados para assumir novas responsabilidades (Wang, Liu, Cooper, Wang, & Gao, 2021). Devido aos avanços tecnológicos, muitos postos de trabalho têm sofrido alterações, tal como as competências exigidas nos mesmos. As tarefas que envolvem trabalho repetitivo passam a ser substituídas, o que faz com que as competências exigidas aos trabalhadores sejam diferentes (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013). As tarefas repetitivas e mais duras, vão deixar de ser feitas pelos trabalhadores, libertando os trabalhadores para tarefas menos complexas. As tecnologias físicas e digitais permitem uma melhoria no trabalho e facilitam as tarefas dos colaboradores (Chain Project, 2019). Posto isto, os homens e as máquinas passaram a trabalhar cooperativamente. Acredita-se que a digitalização e a automação afetarão muitos empregos, no

entanto acredita-se também que novas profissões e áreas de negócio, mais seguros e mais bem pagos, surgirão em grande número e compensarão os empregos perdidos (Prisecaru, 2016). Segundo um estudo de Rojko, et al. (2020), os robôs podem aumentar o emprego e aumentar a produtividade laboral dos trabalhadores, ao mesmo tempo que estimula um maior crescimento do seu nível educacional. As novas tecnologias associadas à I4.0 e a forma como são incorporadas nos processos de trabalho diário leva à necessidade de novas formações e introdução de novos campos de competências na educação, de modo a tornar os trabalhadores e gestores bem preparados para este novo paradigma industrial (Pereira & Romero, 2017).

Uma economia pode ser inspirada pela introdução de novos modelos e melhorias tecnológicas. A convergência do mundo físico e virtual terá um impacto em todos os setores económicos (Schwab, 2016). A Quarta Revolução Industrial pode afetar todas as indústrias, no entanto indústrias que não têm capacidade para inovar acabam por fechar e conseqüentemente toda a economia é reestruturada. A maioria das empresas espera um retorno de dois anos no investimento de tecnologias associadas à Indústria 4.0, o que leva a um aumento considerável do investimento nessa área, refletindo-se no crescimento económico (Rojko, Erman, & Jelovac, 2020).

Embora existam muitos benefícios da Indústria 4.0, também existem muitos desafios, devido às alterações em toda a cadeia de valor (Pereira & Romero, 2017). É importante que os gestores consigam manter uma vantagem competitiva em relação a outras empresas preparando-as para uma transformação digital. As empresas têm de ser capazes de gerir as mudanças que este novo paradigma industrial traz consigo.

Para que as empresas consigam alcançar os resultados pretendidos é necessário que estas realizem altos investimentos, não só em tecnologia como em recursos humanos. A falta de recursos financeiros necessário e a falta de clareza do benefício económico nos investimentos digitais são dos principais problemas na implementação da indústria 4.0 (Ghobakhloo, 2018). A indústria 4.0 exige altos investimentos em tecnologias, no entanto muitas PMEs não têm acesso a financiamento externo e apoio do governo para ajudar ao sucesso da transformação digital. A ausência de planeamento estratégico, limitações das infraestruturas, baixa qualidade de dados, falta de cultura digital e falta de confiança entre os parceiros, são outros desafios que as empresas enfrentam quando pretendem investir em Indústria 4.0 (Wang, Wan, Zhang, Li, & Zhang, 2016).

As transformações tecnológicas exigem novas habilidades e novas formas de gerir um negócio e para isso é necessário um bom suporte de gestão (Ghadge A. , Kara, Moradlou, Goswami, & Mohit, 2020). Nesta transformação digital é importante que os gestores das

empresas dominem estes novos conceitos e tecnologias para a construção de um plano estratégico eficaz. Sendo a Indústria 4.0 muito recente é normal que muitas empresas e pessoas não estejam familiarizadas com o termo e, por isso, ignoram os seus benefícios, causando alguma resistência em adotar as novas tecnologias (Müller, Maier, Johannes, & Voigt, 2017).

Adicionalmente, outro desafio corresponde à ausência de padrões digitais, normas e certificação. É fundamental existir um conjunto de normas e padrões para analisar, processar e armazenar dados, de forma a que as empresas não corram o risco de haver incompatibilidades (Zhou, Liu, & Zhou, 2015).

O número de dispositivos ligados à *Internet* aumentou e, conseqüentemente, aumentaram também as vulnerabilidades presentes numa rede. Desta forma, os sistemas têm de ser mais seguros e é necessário o investimento em cibersegurança. O desafio está em compreender o risco cibernético que a inovação traz consigo. A Indústria 4.0 chama por uma melhor cibersegurança.

A digitalização e a emergência de novas soluções inovadoras levam à mudança dos paradigmas de gestão e à criação de novos modelos de negócio orientados para a integração de sistemas inteligentes, tecnologias autónomas, controlo remoto e aumento da qualidade de vida (Arnold et al., 2016). Então, novas condições criam a necessidade de se desenvolver novos modelos de negócio orientados para a implementação de novas tecnologias (Khumalo & van der Lingen, 2017). Deste modo, a variedade de pilares tecnológicos implementados na Indústria 4.0 molda a intensidade e o alcance das mudanças nos modelos de negócios da empresa. Portanto, as empresas devem considerar o seu modelo de negócio para o sucesso da implementação da Indústria 4.0.

Um modelo de negócios de uma empresa é definido como a interconexão de processos e métodos, do qual são utilizados os seus recursos, de forma a criar o maior valor para o cliente e garantir a sua posição na aquisição de valor para si mesma (Johson, 2010; Weiblen, 2016). A Indústria 4.0 é a integração de máquinas e sistemas inteligentes que provocam mudanças nos processos de produção, a fim de aumentar a eficiência e a flexibilidade e envolve todos os elementos da cadeia de valor a partir de fornecedores, produtores e parceiros de negócios, terminando com os clientes (Sony & Naik, 2020). Mais do que simplesmente permitir a otimização de processos e redução de custos, a I4.0 permite que as empresas desenvolvam modelos de negócio totalmente novos, desde a criação de produtos e serviços inovadores, como de modelos de preços.

Novos modelos de negócios e tecnologias, como inteligência artificial, a impressão 3D e o *Big Data*, estão a acelerar os processos de transformação da indústria mudando os métodos de

negócios atuais e a estrutura do mercado (Grabowska & Saniuk, 2022). A Inteligência Artificial e o *Big Data* permitem uma otimização da produção através do reconhecimento automático de eventos e tomadas de decisão autónomas com base nos dados recolhidos em tempo real ao longo de toda a cadeia de valor. A integração da IoT cria conexões entre nós de rede separados e aumenta o nível de disponibilidade dos participantes do mercado e permite uma monitorização remota. A prototipagem e a simulação nos novos modelos de negócio vão ser cruciais no design do produto. A personalização é um dos principais objetivos da Indústria 4.0, e por isso leva a uma mudança dos modelos de negócios das empresas, introduzindo as preferências dos clientes no processo de produção, permitindo que estes comprem produtos personalizados a preços competitivos. Assim, as empresas terão de adaptar o seu modelo de negócios a esta abordagem de produção inovadora.

Uma vez que a quantidade de plásticos no planeta está a aumentar a uma larga escala, sendo atualmente uma das grandes preocupações ambientais, é necessário que a indústria de moldes, principalmente as que produzem moldes de injeção de plásticos, se adaptem a novas exigências e implementem novas soluções de forma a manterem-se competitivas. Agregando-se a estas adaptações, as empresas lidam com uma enorme pressão diária, também devido às exigências do mercado, à alta qualidade exigida pelos clientes e aos prazos que têm de cumprir para entregar os produtos, o que resulta numa competitividade que cresce exponencialmente. Assim, é necessário que o processo de produção de moldes seja controlado e organizado.

Segundo Pata & Silva (2022) a adoção das tecnologias da Indústria 4.0 por parte das empresas de moldes, faz com que estas melhorem positivamente o seu processo produtivo em termos de melhor utilização dos recursos disponíveis, levando a uma redução dos custos e de tempo de produção. Além disso, permite uma compreensão mais simples, imediata e acessível a todos os trabalhadores, incluindo os menos experientes, resultando tanto numa minimização de erros, como numa redução de atrasos na produção dos moldes. Por conseguinte, os métodos convencionais e mais antigos até agora utilizados, passarão a não ser usados definitivamente.

CAPÍTULO 3

Indústria dos Moldes Portuguesa

3.1 Evolução Histórica da Indústria de Moldes Portuguesa

A Indústria Dos Moldes Portuguesa tem vindo a crescer e a ganhar projeção, impulsionada pela procura externa, que é motivada pela qualidade, preços e prazos de entrega. Atualmente, este setor tem um grande peso a nível económico como sendo uma das principais indústrias exportadoras do país, exportando principalmente para indústria automóvel (VANGEST, 2020). Esta indústria é um sector que ilustra de forma exemplar a evolução da indústria portuguesa no último meio século (Silva Á. F., 2005).

O fabrico de moldes em Portugal teve origem há mais de 200 anos na indústria do vidro, na Marinha Grande. A história da Indústria de Moldes Portuguesa está intrinsecamente ligada à história da Indústria de Vidro Portuguesa (Rodrigues, 2002). No início dos anos 20, começaram-se a produzir os primeiros moldes para artigos de vidro e rapidamente a Marinha Grande ficou conhecida como a “Capital do Vidro” e o centro de moldes do país. Por conseguinte foi necessário mão-de-obra qualificada na Marinha Grande, o que contribuiu significativamente para o crescimento económico e social desta região. Mais tarde, houve uma expansão das fábricas de moldes da Marinha Grande para Oliveira de Azeméis, sendo esta a segunda região do país onde existe uma maior produção de moldes. Este foi o início de uma evolução natural para o que acabará por ser a indústria de moldes que vemos hoje (VANGEST, 2020).

O aparecimento da primeira fábrica de moldes para vidro no país, criada pelos irmãos Aires Roque e Aníbal Abrantes, levou ao desenvolvimento de uma mão de obra mais qualificada, bem como de competências e capacidades técnicas que vieram a ser essenciais para produção de moldes para plásticos (Rodrigues, 2002). Foi em 1946 que Aníbal Abrantes criou uma empresa que apenas produzia moldes para plásticos, acabando por criar o primeiro molde para a injeção de plásticos e originando, assim, o que é hoje a Indústria de Moldes para Plásticos em Portugal (Rodrigues, 2002; Jornal de Leiria, 2014). A ascensão desta indústria fez com que muitos dos trabalhadores já especializados e qualificados do Aníbal Abrantes deixassem a sua fábrica e criassem a suas próprias empresas, do qual muitas delas ainda se encontram a funcionar e são reconhecidas nacionalmente como internacionalmente.

O primeiro molde exportado foi para Inglaterra em 1955, permitindo assim o desenvolvimento da Indústria dos Moldes e uma subida de reputação de Portugal pela sua

inovação e qualidade. Posteriormente a qualidade dos moldes foi aumentando, assim como o investimento em novas tecnologias. Em 1980, Portugal já exportava para mais de 50 países e só na região da Marinha Grande existiam mais de 60 empresas de moldes, que empregavam um total de 2000 pessoas.

Esta indústria caracteriza-se pela sua forte aposta na inovação e pela capacidade de produção elevada, apoiada na tecnologia inovadora utilizada. O sucesso desta indústria deve-se ao seu *know-how*, rigor, procura externa, nível de qualidade, preços praticados, cumprimento de prazos de entrega e sobretudo pela capacidade de se adaptar às evoluções. Além disso, é uma indústria altamente competitiva, explicada pelo sucesso que tem, não só no exterior, como em Portugal (Silva Á. F., 2005).

3.2 Caracterização da Indústria de Moldes Portuguesa

Atualmente, a Indústria de Moldes em Portugal exporta cerca de 85% da sua produção total e encontra-se entre as principais produtoras de moldes a nível mundial, sendo a terceira maior produtora de moldes a nível europeu e a oitava a nível mundial (Pinto I. , 2021). O país é mundialmente conhecido pelos seus moldes de alta qualidade fornecidos a mercados de alto nível.

O setor da Indústria de moldes portuguesa está inserido no Código de Atividade Económica (CAE) 25734 e conta com 498 empresas neste sector(CEFAMOL, 2022). O setor em estudo conta, principalmente, com pequenas e médias empresas que produzem todo o tipo de moldes, dando emprego a 10.400 trabalhadores e gerando cerca de 579 milhões de euros de volume de faturação com uma distribuição geográfica centrada nas regiões da Marinha Grande e Oliveira de Azeméis(CEFAMOL, 2022).

É um setor bastante reconhecido pela sua qualidade e capacidade de resposta às exigências dos seus clientes, uma vez que resulta de uma aposta em tecnologia de ponta capaz de responder às necessidades de um consumidor exigente e de uma mão de obra especializada. Como já referido, tem um impacto bastante positivo não só na economia nacional, sendo um setor com bastante peso ao nível das exportações, mas também a nível social, uma vez que diminuiu o nível de desemprego em Portugal, criando mais de 3000 novos postos de trabalho.

Segundo dados fornecidos pela Associação Nacional Da Indústria Dos Moldes, as exportações nunca foram inferiores a 80% ao longo da última década, sendo nos períodos das várias crises onde houve números mais baixos. Em 2021, houve uma ligeira descida do saldo da balança comercial, devido à pandemia de Covid-19 que afetou a economia mundial(CEFAMOL,

2022).As exportações da indústria de moldes portuguesa, em 2021, diminuíram cerca de 13% em relação a 2020, em que foram efetuadas vendas para 84 países, demonstrando o nível de internacionalização desta indústria. Os principais destinos das exportações portuguesas situam-se na União Europeia, sendo os principais destinos Alemanha (18%), Espanha (15%) e França (14%), além disso também tem havido um crescimento de exportações para o mercado da América do Norte, principalmente EUA.

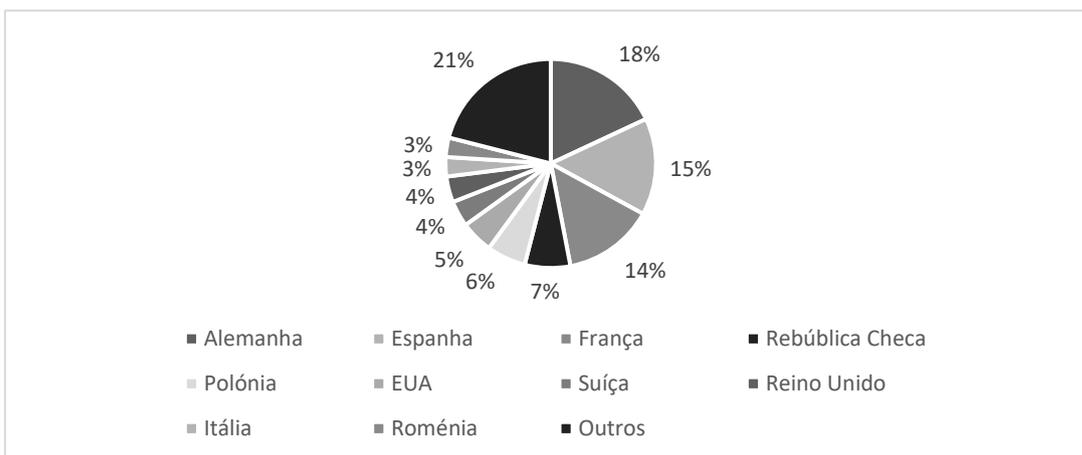


Figura 3- Exportações da Indústria de Moldes Portuguesa (Cefamol, 2022)

O setor automóvel tem sido o principal cliente, assumindo um crescimento de 78% em 2021, no entanto a indústria tem diversificado para setores como o da embalagem, aeronáutica, dispositivos médicos, eletrodomésticos, entre outros.

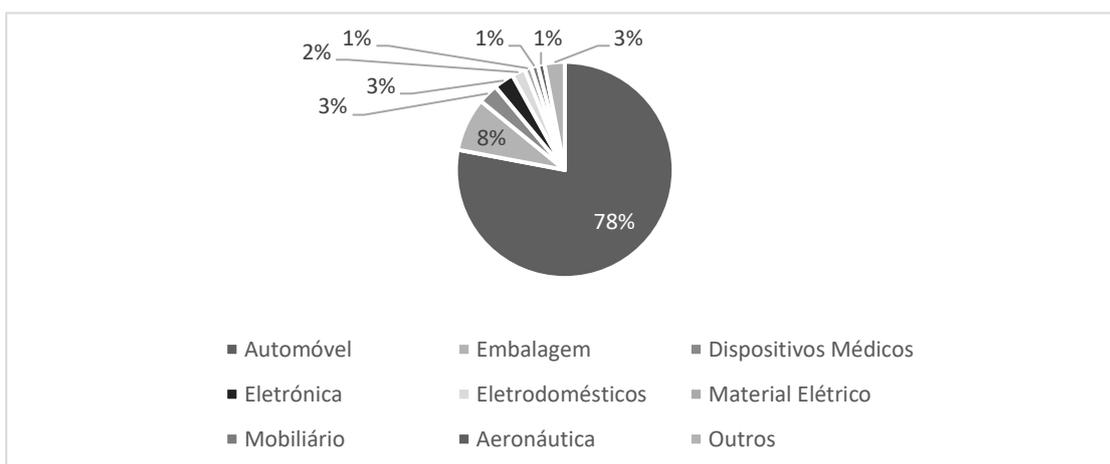


Figura 4- Indústria clientes da Indústria de Moldes Portuguesa (Cefamol, 2022)

3.3 A Indústria dos Moldes na Região da Marinha Grande

A região da Marinha Grande abrange cerca de 383 empresas, o que corresponde a metade das empresas de moldes em Portugal, em que a maioria são consideradas pequenas e médias empresas.

As contas das exportações versus importações revelam que esta região contribui para o saldo positivo da balança comercial do sector a nível nacional. Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE), o concelho da Marinha Grande é responsável por mais de metade do volume de negócios das exportações portuguesas no sector dos moldes liderando, com naturalidade, em número de países e principais destinos. Exporta para cerca de 21 países, sendo a Alemanha para onde vende mais, aproximadamente 34,4 milhões de euros, seguindo-se Espanha e França (Revista Moldes e Plásticos, 2021). O principal fornecedor da Marinha Grande volta a ser a Alemanha, importando cerca de 5 milhões de euros.

A Indústria de moldes é uma das principais empregadoras do país, sendo que mais de metade das 50 maiores empresas de moldes do País estão sediadas no concelho da Marinha Grande e são consideradas as mais geradoras de emprego em Portugal.

Nesta região as empresas de moldes destinam-se às áreas de injeção de plásticos, fundição injetada e vidro. No entanto, os moldes para injeção de materiais plásticos são dominantes na região da Marinha Grande, abrangendo cerca de 85% do total das vendas.

CAPÍTULO 4

Metodologia

4.1 Introdução

Este capítulo serve para apresentar a metodologia utilizada para responder às questões de investigação, ou seja, tem como objetivo principal apresentar e descrever todos os procedimentos utilizados na presente investigação, de forma a cumprir os objetivos da minha dissertação: O primeiro e segundo objetivo consistem na análise do nível de implementação das tecnologias da Indústria 4.0, assim como do nível de preparação das empresas para adotar estas tecnologias. O objetivo a seguir é identificar os fatores que facilitam e dificultam a implementação do conceito I4.0, de forma a ter uma visão mais precisa dos principais prós e contras que as empresas lidam no seu dia-a-dia. Os dois objetivos finais da investigação dizem respeito às principais motivações para a implementação da Indústria 4.0 no setor dos moldes e, por fim, perceber o impacto da aplicação da Indústria 4.0 no desempenho operacional das empresas de moldes portuguesas.

O foco principal desta dissertação é perceber o impacto da Indústria 4.0 na performance das empresas de moldes portuguesas, em particular nas maiores empresas de moldes da zona industrial da Marinha Grande.

De forma a responder aos objetivos da investigação, são desenvolvidos estudos casos de cinco empresas portuguesas no setor da indústria dos moldes que estão inseridas na mesma localização geográfica, e que implementem metodologias e tecnologias da Indústria 4.0.

Numa primeira fase, este capítulo apresenta e justifica a motivação e escolha da metodologia utilizada, seguido de uma breve descrição e contextualização da amostra em estudo e, por fim, o método de recolha de dados.

4.2 Motivação e escolha da estratégia de investigação e de recolha de dados

4.2.1 Abordagem por Estudo caso

Na presente investigação, a estratégia de investigação é casos de estudo múltiplos a várias empresas no setor da indústria dos moldes, de modo a analisar o impacto que a Indústria 4.0 tem sobre o mercado.

Creswell (2014) define o estudo caso como uma estratégia de investigação em que os investigadores desenvolvem uma análise aprofundada de um programa, eventos, atividades, processos ou indivíduos. De acordo com Yin (2017), o método do estudo caso é o mais apropriado em relação a outros métodos quando o objetivo é responder a perguntas “como?” e “porquê?” em que o investigador tem pouco ou nenhum controlo sobre um fenómeno ou evento contemporâneo, num contexto da vida real.

O método do estudo caso permite ao investigador obter uma pesquisa mais detalhada que normalmente não seria facilmente obtida através de outros métodos de investigação e possibilita ao mesmo analisar de perto os dados num contexto específico. Para isso é necessário o uso de diversas fontes de evidência como entrevistas, documentos, registos, entre outros (Yin R. K., 2017). Além disso, o estudo caso possibilita considerar dados de natureza quantitativa e qualitativa.

No entanto este método apresenta desvantagens como a falta de rigor, o que pode levar a conclusões tendenciosas e também, a impossibilidade de se fazer generalizações dos resultados obtidos (Yin R. K., 2017; Hammersley, 2012).

Neste estudo, optou-se pelo estudo de casos múltiplos, de forma a ter uma maior diversidade do que se está a ser estudado, o que permite uma maior credibilidade nos resultados obtidos. Segundo vários autores, não existe uma regra ou um número perfeito de casos a estudar. Assim, decidiu-se estudar cinco empresas de moldes portuguesas.

4.3 Seleção dos casos de Estudo

Na escolha da amostra em estudo, de modo a ser possível a ir de encontro à temática em estudo, foram tidos em conta diversos critérios. Tais como:

1. Empresas do setor dos moldes com sede na zona industrial da Marinha Grande;
2. Entrevistados com conhecimento da Indústria 4.0;
3. Empresas com tecnologias associadas à Indústria 4.0;
4. Dimensão das empresas

A escolha das empresas, deve-se ao facto de se enquadrarem em todos os critérios expostos acima e na temática de investigação. Na tabela 1 encontra-se uma breve apresentação das empresas participantes indicando a sua dimensão e área de atuação.

Empresa	Número de empregados	Ano de fundação	Volume de negócios	Classificação	Atividade
Moldoeste	100	1988	Entre 10 000 000 e 20 000 000	PME	Indústria de Injeção de Plásticos
TJ Moldes	130	1985	Entre 5 000 000 e 10 000 000	PME	Indústria de Injeção de Plásticos
Grupo IBEROMOLDES	1000	1975	Mais de 50 000 000	PME	Indústria dos Moldes e Plásticos
INTERMOLDE	145	1973	Entre 10 000 000 e 20 000 000	PME	Indústria dos Moldes
Vangest	300	1986	Entre 20 000 000 e 50 000 000	PME	Indústria de Injeção de Plásticos

Tabela 1- Apresentação geral das empresas entrevistadas (elaboração própria)

4.4 Métodos de Recolha de dados

De forma que todos os objetivos sejam cumpridos e devido à especificidade da informação necessária, considerou-se o mais adequado uma investigação baseada numa metodologia qualitativa. Yin (2017), afirma que neste tipo de pesquisa é importante o uso de várias fontes de informação. A recolha de dados na investigação de natureza qualitativa é feita através de análise de documentos, entrevistas, questionários ou observações, entre outros.

Para recolher informação para a descrição e contextualização das empresas estudadas, será feita uma análise documental a notícias, publicações online e pesquisa nos *websites* das empresas.

Por outro lado, foi necessária a cooperação das empresas para conseguir obter mais informação relativamente ao que se pretende estudar através de entrevistas exploratórias semiestruturadas a pessoas dentro das empresas de moldes. O objetivo da entrevista serve para medir o impacto que a Indústria 4.0 e suas tecnologias têm sob a empresa.

O inquérito por entrevista é baseado numa entrevista semiestruturada realizadas com questões de resposta aberta e fechada, permitindo aos entrevistados responderem de uma forma mais espontânea e completa, não havendo restrições (Reja, Manfreda, Hlebec, & Vehovar, 2003). Desta forma existe uma maior qualidade, permitindo uma recolha de informação mais aprofundada e detalhada.

A entrevista semiestruturada tem a vantagem de existir uma maior flexibilidade para colocar as perguntas no momento mais apropriado, no entanto é sempre necessário a escolha

certa das palavras a colocar. Desta forma e para dar maior credibilidade ao estudo, a condução da entrevista é com base nos temas do setor dos moldes, tendo sempre em consideração a realidade do setor e com recurso a um guião com as questões mais importantes a serem respondidas que pode ser consultado no anexo 1. Por conseguinte, as questões presentes na entrevista são baseadas na revisão da literatura efetuada e dos objetivos propostos. Inicialmente, procedeu-se ao envio de *e-mails*, para dar a conhecer às empresas qual o objetivo da dissertação e o que se pretende estudar. Após resposta positiva das empresas, procedeu-se à realização das entrevistas. A maioria das entrevistas foram realizadas através de vídeo pela plataforma *Microsoft Teams* e apenas uma foi realizada presencialmente nos escritórios da empresa. Conforme acordado previamente com os entrevistados, as entrevistas foram gravadas em formato de áudio, de modo a ser feita uma análise mais correta dos dados obtidos. No geral, o tempo médio de cada entrevista foi cerca de 30 minutos. No entanto, duas entrevistas foram realizadas através de um inquérito enviado sobre o formato de *Word*, devido à indisponibilidade das empresas para uma entrevista presencial ou em vídeo.

4.2.2 Guião das entrevistas semiestruturadas

Como mencionado anteriormente, a metodologia utilizada para a recolha de informação é através de entrevistas semiestruturadas. Todas as entrevistas realizadas começam com a apresentação do entrevistador, seguido de uma breve introdução ao estudo e ao que se pretende estudar e, por fim, é certificado de que as entrevistas podem ser gravadas para facilitar a análise.

As questões são de elaboração própria com base na revisão da literatura e algumas teses de mestrado em que o tema se aproxima do da investigação.

A tabela 2 apresenta a relação dos objetivos propostos com algumas questões estabelecidas para as entrevistas que se encontram divididas em três setores. Na primeira secção pretende-se conhecer o entrevistado e a sua relação com a empresa em questão. Por conseguinte, na segunda secção pretende-se conhecer a empresa a nível económico e estrutural. Por fim, na terceira secção são apresentadas várias questões de resposta aberta e fechada. Estas questões têm como objetivo perceber o nível de implementação de tecnologias da indústria 4.0, quais as dificuldades e motivações que levam a empresa a implementar a indústria 4.0 e perceber o impacto que a indústria 4.0 tem sob a empresa.

Objetivos	Questões de Entrevista
Analisar o nível de implementação do conceito Indústria 4.0	<p>3.1 Qual o grau de implementação de Indústria 4.0 da empresa? (Escala 1-5: Muito baixo, Baixo, Médio, Alto, Muito Alto)</p> <p>3.2 A empresa já investiu ou existe a intenção de investir em tecnologias associadas à Indústria 4.0?</p> <p>3.3 Quais as tecnologias em que investiram? São utilizadas em que medida?</p> <p>3.4 Há quanto tempo investiu nessas tecnologias? (cada uma)</p> <p>a. < 1 ano</p> <p>b. 1 a 5 anos</p> <p>c. 5 a 10 anos</p> <p>d. > 10 anos</p>
Percecionar o nível de preparação das empresas de moldes para a implementação de tecnologias associadas à Indústria 4.0	<p>3.6 A empresa desenvolveu algum plano com objetivos a atingir com a implementação da Indústria 4.0? Se sim, quais os objetivos que conseguiram atingir?</p>
Identificar as principais oportunidades e desafios da Indústria 4.0	<p>3.5 Quais os motivos para a introdução da I4.0?</p> <p>3.7 Que fatores (internos e externos) da organização facilitam a adoção e implementação destas tecnologias?</p> <p>3.8 Que fatores (internos e externos) da organização dificultam a adoção e implementação destas tecnologias?</p>
Perceber o impacto da aplicação da Indústria 4.0 no desempenho operacional das empresas de moldes portuguesas	<p>3.9 Até ao momento, quais são os impactos positivos e negativos que regista com esta transformação?</p> <p>3.10 Quais os impactos sentidos na força de trabalho da empresa com a implementação de tecnologias da Indústria 4.0?</p>

Tabela 2 - Relação entre os objetivos e as questões da entrevista semiestruturada (elaboração própria)

4.5 Contexto de Investigação

No contexto desta dissertação sobre a indústria de moldes, foram utilizadas várias empresas de moldes da zona industrial da Marinha Grande, de modo a analisar o impacto da indústria 4.0 nesta indústria, com o objetivo de apresentar vários resultados de várias empresas de moldes.

Assim, neste subcapítulo será feita uma contextualização e caracterização de cada empresa, apresentado a história e evolução de cada uma.

4.5.1 Grupo Moldoeste

4.5.1.1 História e Evolução

O Grupo Moldoeste é dividido em duas empresas: a Moldoeste e a Moldoeste II (ou a Moldoeste Plásticos) e é especializado no desenvolvimento, design e produção de moldes de injeção para

peças plásticas. O seu surgimento ocorreu em 1988 com uma pequena oficina onde trabalhavam apenas 12 funcionários, a Moldoeste. Mais tarde, em 1999, a Moldoeste muda de instalações para a Zona Industrial da Marinha Grande e começa a fazer os primeiros investimentos em equipamentos. Posteriormente, em 2002, nasceu a Moldoeste II ou também conhecida como a Moldoeste Plásticos, com o objetivo inicial de assegurar internamente a realização dos testes dos moldes produzidos pela Moldoeste.

A produção repartiu-se pelas duas empresas. A Moldoeste é focada no desenvolvimento e produção de moldes metálicos para a indústria de injeção, enquanto a Moldoeste II é especializada na indústria de plástico.

Atualmente, o grupo conta com mais de 200 colaboradores e como qualquer empresa de moldes portuguesa, toda a produção da Moldoeste destina-se essencialmente à exportação quer de forma direta ou indireta, exportando cerca de 98% da sua produção de moldes e plásticos, principalmente para a indústria automóvel. O seu foco na qualidade, tecnologia, inovação e desempenho, permite ao grupo um vasto número de clientes não só da Europa, mas do mundo inteiro. Contando com clientes como a *BMW, Jaguar, Fiat, Opel, SEAT*, etc.

Ao longo dos 30 anos de funcionamento, o Grupo tem investido em novas infraestruturas e tecnologias inovadoras, de forma a conseguirem responder a todas as necessidades dos clientes e estarem sempre a um passo à frente da competição. Indústria 4.0, economia circular e redução do impacto ambiental são aspetos que tentam integrar em todos os seus processos.

4.5.2 TJ Moldes

4.5.2.1 História e Evolução

A TJ Moldes foi fundada em 1985 tendo como principal atividade o fabrico de moldes de aço de pequena dimensão para a indústria de injeção de plásticos. Ao longo dos anos foi criando várias subsidiárias, formando o que é hoje o Grupo TJ SGPS. No total, o Grupo é composto por cinco subsidiárias, sendo a TJ Moldes a maior empresa do Grupo e responsável pela produção de moldes para a indústria de plásticos.

No início dos anos 90 foi quando a empresa começou a criar unidades específicas de fabrico para responder às oportunidades de mercado. Assim, nasceram as empresas TJ Aços focada nos moldes até 10 toneladas, sendo estes considerados moldes de média dimensão, e a RTJ que presta serviços de ensaio de moldes para injeção de matérias plásticas. Foi no, no final dos anos 90, que se criou a iTJ vocacionada na produção de moldes em aço de grande dimensão. Com

sede na Marinha Grande, o Grupo TJ desde cedo que é mundialmente reconhecido pela qualidade dos seus moldes, sustentada pela constante atualização e investimento em tecnologia, robotização, automatização, flexibilidade de processos e formação dos seus colaboradores. A visão da empresa é focada nas necessidades do cliente e na conceção, apresentando soluções competitivas, baseadas na experiência em mais de 40 anos na indústria de moldes assegurando flexibilidade, cumprimento de prazos e rigor. Atualmente, o grupo é uma das principais empresas exportadoras de moldes do país, exportando cerca de 95% da sua produção para clientes como a *Mercedes*, a *BMW*, *Audi*, *Smart*, etc. Os seus mercados de destino são o alemão, espanhol, Checo e Austríaco.

Ao longo dos anos, o Grupo participou em vários projetos de I&D e Inovação com organizações privadas e científicas nacionais e internacionais. Um dos projetos foi no âmbito do projeto VALE INDÚSTRIA 4.0 ao nível da Cibersegurança do qual foi executado um diagnóstico detalhado ao nível de soluções para a conectividade segura e implementação de sistemas de Cibersegurança.

4.5.3 Grupo IBEROMOLDES

4.5.3.1 História e Evolução

O Grupo IBEROMOLDES, nasce em setembro de 1975, na Marinha Grande, por iniciativa de Henrique Neto e Joaquim Menezes, como uma empresa de comercialização. Ao longo dos anos surgiram mais empresas do Grupo não só em Portugal, mais especificamente na região de Leiria, mas também por todo o Mundo, contando com uma empresa no estado de São Paulo no Brasil e escritórios na China, Índia, Venezuela e México. Atualmente, o Grupo IBEROMOLDES é um fornecedor líder de serviços de engenharia e produtos de valor agregado, que fornece soluções que vão desde o desenho, prototipagem, conceção, injeção e produto, presentes nas suas empresas de moldes e plásticos.

O Grupo é constituído por oito empresas, que se congregam de forma a entregarem o produto final, correspondendo às exigências e necessidades dos seus clientes. Em 1978, foram criadas a PORTUMOLDE e a IBERONORMA especializadas em bases de moldes de precisão para moldes de injeção, estampagem, injeção de moldes para termoplásticos e fundição sob pressão. Além disso, ainda neste ano, o Grupo IBEROMOLDES comprou a EDILÁSIO também especializada em injeção de termoplásticos. Em 1985, adquire a empresa pioneira na Indústria de Moldes Portuguesa, na altura conhecida como *Aníbal H. Abrantes, SA* e hoje apelidada de ABRANTES

que se foca no design, engenharia e produção de moldes para termoplásticos e fundição sob pressão. No ano seguinte, foi constituída a IBEROMOLDES ACE dedicada apenas em projetos de I&D e na formação profissional dos seus colaboradores. Esta empresa promove o *networking* e a cooperação entre as empresas do Grupo. No final da década de 80, criou-se a SETsa focada no desenvolvimento do produto e no cliente. Por fim, surgiu a IBER-OLEFF com subsidiária em São Paulo no Brasil.

O Grupo desenvolve estrategicamente uma cultura de inovação através de várias iniciativas, como por exemplo as Oficinas de inovação que são realizadas de seis em seis meses e onde participam todos os colaboradores da IBEROMOLDES, com a intenção de mostrar tudo aquilo que faz na área da inovação.

O Grupo IBEROMOLDES foca a sua atividade para o sector automóvel, aeroespacial, eletrónico e eletrodomésticos, dispositivos médicos e muitos outros. Atualmente, emprega cerca de 1400 trabalhadores em cinco países e exporta direta ou indiretamente 95% da sua produção para mais de 100 países.

A dimensão e reconhecimento do Grupo estão alicerçadas com a excelência na qualidade do produto e entrega e contínua aposta na formação dos seus colaboradores e inovação que é desenvolvida através da colaboração de centros de Pesquisa, empresas, universidades e empreendedores.

4.5.4 VANGEST

4.5.4.1 História e Evolução

O Grupo VANGEST foi fundado em 1986 pelo empresário Carlos Oliveira através da primeira empresa, a MOLIPOREX, sediada na Marinha Grande que se dedica à produção de moldes de pequena e grande dimensão para a injeção de termoplásticos. Logo após o seu primeiro ano de criação, a MOLIPOREX, começou a internacionalizar-se exportando os seus primeiros moldes para os Estados Unidos da América e, a partir daí expandiu o negócio de forma exponencial.

Ao longo dos anos foram criadas 12 empresas: HARCHI, DISTRIM, GRANDESIGN, DISTRIM2, 3DTECH, CADFLOW, MPTOOL, DT2 RMC, HPM, EHTP e a ATT. Deste modo, com a congregação de todas formou-se o Grupo VANGEST, com a instalação de todas as empresas no mesmo espaço industrial. As várias empresas da VANGEST focam-se em várias atividades desde em projetos residenciais e industriais, prototipagem rápida, design, maquinação rápida até mesmo em

tecnologias da informação, complementando-se umas às outras. A VANGEST direciona os seus serviços para indústria automóvel, aeroespacial, eletrónica e medicina.

Em 2020, o Grupo criou a *Digital Factory*, que é uma das melhores representações do que é a Indústria 4.0, com instalações tecnologicamente avançadas e altamente eficientes a nível energético, que lhes permite operar de forma eficiente e flexível.

Desde a criação das primeiras empresas que o Grupo tem investido na inovação e altas tecnologias, tornando-se o líder na área tecnológica no sector e uma referência na indústria 4.0. Cada empresa da VANGEST participa em projetos de I&D com diversas universidades e parceiros científicos, com o intuito de oferecer novas soluções às necessidades dos seus clientes e conseguir melhores tecnologias. Neste momento, o seu foco é em materiais compostos e fabrico aditivo.

4.5.5 INTERMOLDE

4.5.5.1 História e Evolução

A INTERMOLDE teve a sua génese em 1973 na Marinha Grande e é atualmente um grupo empresarial composto pela Vidrimolde e pela MEGO. A sua atividade principal é produção e comercialização de moldes e acessórios para a indústria vidreira, fundamentalmente para o subsector da embalagem e emprega mais de 200 colaboradores. Os seus clientes são essencialmente vidreiras com linhas de produção automáticas, no que refere a Portugal, todas as grandes vidreiras são seus clientes e a nível externo a INTERMOLDE exporta essencialmente para países da Europa como Espanha, Alemanha, Polónia, Grécia e Bulgária e também para países da América do Sul. Apesar da concorrência a nível nacional ser pouca, no que refere a nível internacional os seus principais concorrentes são a China, Leste da Europa e Turquia.

A INTERMOLDE é reconhecida não só a nível nacional como também a nível internacional devido à sua qualidade e eficiência na sua produção. Neste sentido, destaca-se o forte investimento na qualificação e formação dos seus trabalhadores e aposta em alta tecnologia, investigação e desenvolvimento. A empresa desenvolve parcerias com centros tecnológicos prestigiados a nível tecnológico e universidades.

Em 2022 foi atribuído à INTERMOLDE o estatuto de INOVADORA COTEC 2022, por ter atingido elevados padrões de solidez financeira, inovação e desempenho económico.

CAPÍTULO 5

Análise e Discussão dos Resultados

O presente capítulo tem como objetivo a análise, tratamento e interpretação dos dados obtidos nas entrevistas realizadas a colaboradores com conhecimentos em Indústria 4.0 das várias empresas de moldes, de modo a comparar as respostas com a revisão da literatura com o intuito de obter o máximo de conclusões possíveis que possibilitam responder às questões da dissertação.

Nível de implementação de Indústria 4.0 na indústria dos moldes

De modo a atingir um dos objetivos desta tese, no qual passava por perceber o nível de implementação de Indústria 4.0 e aplicação das tecnologias associadas, apresentaram-se quatro questões aos entrevistados, conforme a tabela abaixo.

Objetivo	Questões de Entrevista
Analisar o nível de implementação do conceito Indústria 4.0	<p>3.1 Qual o grau de implementação de Indústria 4.0 da empresa? (Escala 1-5: Muito baixo, Baixo, Médio, Alto, Muito Alto)</p> <p>3.2 A empresa já investiu ou existe a intenção de investir em tecnologias associadas à Indústria 4.0?</p> <p>3.3 Quais as tecnologias em que investiram? São utilizadas em que medida?</p> <p>3.4 Há quanto tempo investiu nessas tecnologias? (cada uma)</p> <p>a. < 1 ano</p> <p>b. 1 a 5 anos</p> <p>c. 5 a 10 anos</p> <p>d. > 10 anos</p>

Tabela 3- Objetivo 1 - Questões de Entrevista (elaboração própria)

Em primeiro lugar, pediu-se aos participantes que quantificassem o grau de implementação da Indústria 4.0 nas suas empresas utilizando uma escala de 1 a 5 (sendo o 1 muito baixo e 5 muito alto). É possível verificar, através da figura 5 e tabela 4, que a maioria das empresas consideram estar atualmente no nível 4. No entanto, a INTERMOLDE apesar de ser uma empresa já bastante automatizada e robotizada e sendo uma empresa que produz essencialmente para a indústria vidreira considera estar no nível 3 comparado com a indústria de moldes para plásticos.

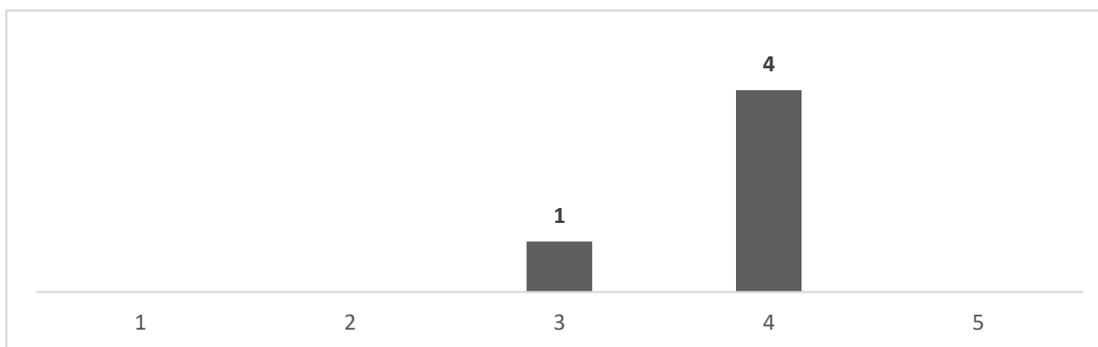


Figura 5-Grau de implementação do conceito I4.0 (elaboração própria)

Grau de Implementação	Empresa	Nº de vezes	%
1	-	-	-
2	-	-	-
3	INTERMOLDE	1	20%
4	Moldoeste, TJ Moldes, VANGEST, Grupo IBEROMOLDES	4	80%
5	--	-	-

Tabela 4-Grau de implementação do conceito I4.0- empresas (elaboração própria)

Assim sendo, concluiu-se que, atualmente, as empresas já investiram em tecnologias e o conceito de I4.0 já é uma realidade nas suas empresas. Além disso, através das respostas obtidas conseguimos perceber que todas as empresas entrevistadas pretendem continuar a investir nesta área num futuro próximo, de modo a conseguirem responder às necessidades dos seus clientes e estarem sempre um passo à frente da concorrência.

De acordo com as respostas obtidas, a maioria dos fabricantes admite que houve mudanças significativas e avanços com a disponibilidade de ferramentas tecnológicas 4.0 disponíveis no sector, no entanto consideram que a digitalização total das suas empresas ainda está muito longe.

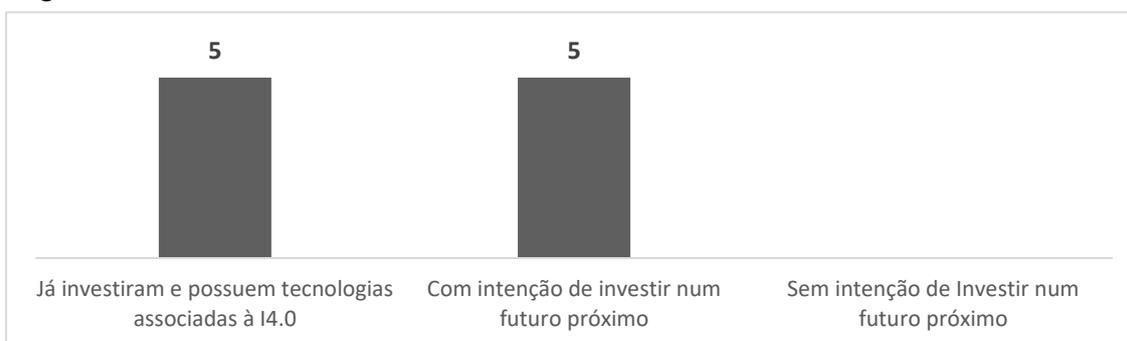


Figura 6- Intenção de investir em tecnologias associadas à Indústria 4.0 (elaboração própria)

Como dito anteriormente, todas as empresas de moldes entrevistadas possuem tecnologias associadas à Indústria 4.0. Assim sendo, na tabela abaixo (tabela 5) estão os pilares tecnológicos, implementados nos dias de hoje nas empresas de moldes portuguesas que fizeram parte deste estudo. Deste modo, a *Internet of Things* e a Robótica foram identificados como os mais utilizados. Seguidos do *Big Data*, Simulação e Sistemas Integrados.

Tecnologias	Nº de Vezes	Empresas
<i>Internet of Things</i>	5	Moldoeste, TJ Moldes, INTERMOLDE, VANGEST, Grupo IBEROMOLDES
Robótica	5	Moldoeste, TJ Moldes, INTERMOLDE, VANGEST, Grupo IBEROMOLDES
Cibersegurança	2	Moldoeste, TJ Moldes
<i>Big Data</i>	3	Moldoeste, INTERMOLDE, VANGEST
Realidade Aumentada	2	Moldoeste, Grupo IBEROMOLDES
<i>Cyber-Physical Systems</i>	2	Moldoeste, TJ Moldes
Simulação	3	Moldoeste, TJ Moldes, Grupo IBEROMOLDES
Sistemas Integrados	3	Grupo IBEROMOLDES, INTERMOLDE, VANGEST
Inteligência Artificial	1	Grupo IBEROMOLDES

Tabela 5- Tecnologias I4.0s implementadas pelas empresas (elaboração própria)

De acordo com a informação recolhida, é possível observar que todas as empresas entrevistadas implementaram robôs. Segundo os entrevistados esta é uma das tecnologias mais importantes e um exemplo do que é Indústria 4.0 na Indústria dos Moldes Portuguesa. A utilização de robôs permite às empresas um ganho de eficiência, juntamente com uma diminuição de desperdícios em tarefas que requerem mais precisão. No caso da INTERMOLDE, os robôs permitiram a substituição das pessoas que faziam as tarefas mais duras.

Todos os entrevistados consideram a Internet das Coisas como sendo das tecnologias mais utilizadas nas suas empresas. Através da conexão à *Internet* é possível monitorizar as máquinas a qualquer hora do dia e em qualquer lugar, fazer uma melhor gestão do produto, das pessoas e das horas trabalhadas, permitindo um aumento de produtividade e flexibilidade. Além disso, permite uma melhor comunicação desde o chão da fábrica e uma troca de informação em tempo real.

Apenas duas empresas referiram o uso de Cibersegurança. Isto deve-se ao facto de muitos fabricantes ainda não estarem cientes dos perigos da *Internet* e acharem que o meio em que operam é seguro e imune a ataques cibernéticos. E, por isso, consideram que esta tecnologia não seja um requisito básico nas suas fábricas.

Três empresas afirmam que já usam a tecnologia de *Big Data* para recolha e processamento de informação e dados e monitorização dos KPIs de forma a melhorar constantemente a sua produtividade.

A maioria das empresas, nomeadamente três empresas, possuem Sistemas Integrados. O que significa que já trabalham com programas que permitem que todas as informações dos vários departamentos da empresa estejam presentes numa única plataforma, o que permite que todos os colaboradores tenham acesso a toda a informação em tempo real através da conexão à *internet*. A maioria dos sistemas integrados utilizados nesta amostra de estudo fazem a gestão da organização, principalmente a parte contabilística e administrativa e ainda servem para controlo de produção.

O Grupo IBEROMOLDES é a única organização que utiliza metodologias suportadas por tecnologias associadas à inteligência artificial para processos preditivos e adaptativos. Estes processos permitem prever a próxima falha de um componente, máquina ou sistema e, em seguida, alertar de forma que se realizem procedimentos de manutenção focados na prevenção da falha, bem como a otimização de toda a cadeia de valor.

Em relação aos anos de investimentos de tecnologias, as empresas entrevistadas apresentaram investimentos em diferentes períodos. Tanto o Grupo IBEROMOLDES, como a INTERMOLDE consideram que começaram a investir em tecnologias digitais desde a sua criação através dos chamados sistemas CAD/CAM e desde então que continuaram a investir, sendo sempre um dos seus objetivos, visto que sempre sentiram necessidade de evoluir. Em contrapartida, as outras empresas só sentiram necessidade de investir em tecnologias inovadoras mais tarde.

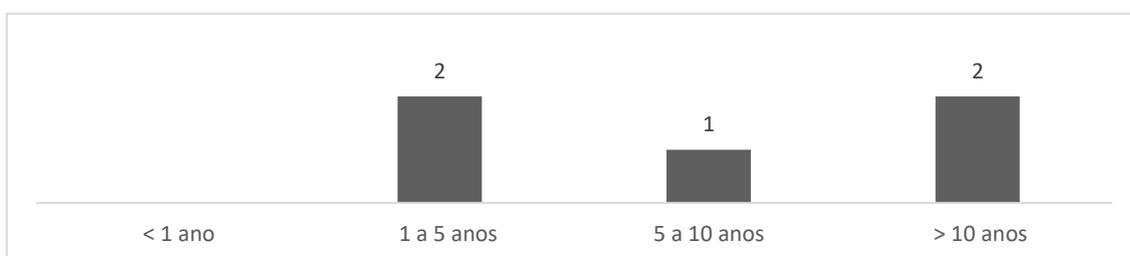


Figura 7- Intervalo de tempo de investimento das empresas inquiridas (elaboração própria)

Nível de preparação das empresas de moldes na adoção de Indústria 4.0

Relativamente ao nível de preparação das empresas, apenas duas empresas entrevistadas afirmaram não ter desenvolvido qualquer plano para a implementação da Indústria 4.0, visto que desde o início da sua atividade que investem em tecnologias inovadoras, e por isso não têm vindo a sentir necessidade de desenvolver um plano. As outras três empresas – VANGEST, Moldoeste e TJ Moldes - confirmaram ter desenvolvido um plano com objetivos a atingir com a implementação da Indústria 4.0. O Grupo TJ fez um primeiro plano em 2015, no qual o Grupo

conseguiu atingir a maior parte dos objetivos do plano, no entanto “*não conseguimos atingir os objetivos financeiros, pois já antes da pandemia a indústria dos moldes não se encontrava numa situação muito boa*”. No ano passado (2021), a empresa desenvolveu um novo plano para os próximos 5 anos.

A VANGEST desenvolveu um plano no qual tinha objetivos como a automatização total de processos com vista à redução de tempos de produção e aumento da produtividade, redução de custos e melhoria da informação em tempo real para a gestão. Até ao momento, conseguiram atingir todos estes objetivos.

As empresas em estudo prepararam-se para este novo paradigma através de eventos externos à empresa e exemplos de empresas, bem como através dos projetos de I&D em que participam e projetos teste em outros países. Além disso, também têm vindo a formar e consciencializar os seus colaboradores para este novo paradigma industrial e para as mudanças que dele advém, no entanto admitem que ainda existe uma grande resistência à mudança.

As empresas VANGEST, INTERMOLDE e Grupo IBEROMOLDES sentiram alterações nos seus modelos de negócio. As três empresas passaram a ter informações em tempo real sobre a produção, inventário e vendas e recursos humanos. Além disso, inovaram o seu processo de produção para uma manutenção preditiva e adaptativa e monitorização remota. A INTERMOLDE, desenvolveu novas plataformas para o processo de orçamentação e integração dos clientes no processo de desenho.

Desenvolveu algum plano com objetivos a atingir com a implementação da Indústria 4.0?	Sim	Número de empresas	3
		%	60%
	Não	Número de empresas	2
		%	40%
Houve alterações no modelo de negócio?	Sim	Número de empresas	3
		%	60%
	Não	Número de empresas	2
		%	40%

Tabela 6- Nível de preparação das empresas de moldes na adoção da I4.0 (elaboração própria)

Fatores que facilitam e dificultam a implementação do conceito de I4.

É fundamental perceber os prós e contras antes da implementação do conceito de I4.0, de modo a entender as razões que levam ou não as empresas de moldes a introduzir tecnologias

da Indústria 4.0. Das organizações entrevistadas, foi possível verificar que vários tópicos são abordados em contextos diferentes.

Relativamente aos desafios mencionados pelos entrevistados, todas as empresas em estudo mencionaram a dificuldade em encontrar mão de obra qualificada. O Grupo IBEROMOLDES, no início da sua atividade, no final dos anos 70 e início dos anos 80, quando surgiram novas tecnologias e começaram a implementá-las, sentiram a necessidade de qualificar e preparar os seus colaboradores. Tal como nessa altura, ainda hoje o verdadeiro desafio presente na digitalização da empresa é essencialmente o fator humano. Atualmente, para além de existir uma quantidade muito pequena de pessoas que quer trabalhar em fábricas, também existe uma falta de pessoal qualificado para manusear as novas tecnologias. Posto isto é imperativo a formação contínua dos colaboradores, no entanto não existe disponibilidade para aprender, devido à resistência à mudança por parte dos mesmos, sendo este outro fator também bastante mencionado. Segundo a TJ Moldes esta é *“a maior dificuldade de todas e é a que até hoje ainda se mantém. A maioria das pessoas que trabalha nesta indústria já trabalha há bastantes anos e sempre trabalharam da mesma forma, então a vinda destes novos processos e tecnologias causa alguma confusão”*. No caso da INTERMOLDE, a implementação de robôs trouxe vantagens, no sentido que vieram melhorar as condições de trabalho, pois passaram a fazer as tarefas mais duras que, anteriormente, eram feitas pelos trabalhadores. No entanto, sentiram alguns desafios na aprendizagem e qualificação dos seus quadros para conseguirem monitorizar e controlar estas tecnologias.

Outro dos fatores que dificulta a implementação de tecnologias associadas à Indústria 4.0 são os preços elevados das mesmas. Apesar da maioria das empresas ter mencionado que têm disponibilidade financeira para investirem em algumas destas tecnologias, a mesma não chega ser suficiente, tendo em conta a quantidade de que precisam para conseguirem uma fábrica completamente inteligente e eficiente. Nesse sentido, todas as empresas mencionaram terem recorrido a programas de apoio para a implementação da Indústria 4.0, quer através de programas nacionais, quer de programas europeus. Tendo algumas conseguido esse apoio para alguns projetos de I&D quer em projetos apenas da empresa, como também com instituições de ensino e parceiros científicos. Este apoio através de projetos financiados são uma ajuda importante para acelerar o investimento e incentivar as empresas a investir. Contudo, a maioria das empresas considerou como desafio à implementação da Indústria 4.0 a incerteza da possibilidade desse apoio.

Por fim, a maioria das empresas mencionaram que as suas infraestruturas não são problema para introdução de tecnologias, sendo um dos pontos que têm vindo a investir

significativamente ao longo dos anos, de forma a terem um bom suporte para conseguirem implementar tecnologias associadas à I4.0.

Motivações para a introdução de I4.0

É fundamental perceber os objetivos que movem as empresas para a adoção de práticas da Indústria 4.0. Através das entrevistas, verificou-se que as empresas de moldes portuguesas têm diferentes motivos para a introdução deste novo paradigma industrial. Na tabela 4, apresentam-se as várias razões utilizadas pelas organizações.

Motivações	Nº de Vezes	Empresas
Aumento da produtividade	3	TJ Moldes, VANGEST, Grupo IBEROMOLDES
Maior eficiência	3	Moldoeste, TJ Moldes, VANGEST
Redução de custos	2	TJ Moldes, VANGEST
Maior flexibilidade	3	TJ Moldes, VANGEST, INTERMOLDE
Necessidade de se diferenciar da concorrência	3	Moldoeste, TJ Moldes, Grupo IBEROMOLDES
Diminuição dos desperdícios	1	TJ Moldes
Requisitos dos clientes	1	Moldoeste
Redução do tempo de produção	1	VANGEST
Melhoria nas condições de trabalho	1	INTERMOLDE
Dificuldade em arranjar pessoal	1	INTERMOLDE

Tabela 7- Motivações para a Implementação da I4.0 (elaboração própria)

As empresas em estudo têm várias ambições, na sua maioria diferentes, para a adoção de tecnologias da Indústria 4.0. No entanto, existem três grandes motivos em comum, a necessidade de se diferenciarem da concorrência, o ganho de eficiência e aumento da produtividade. Relativamente ao motivo de quererem destacar-se da concorrência, relaciona-se com o facto de a indústria dos moldes ser uma indústria muito competitiva e detentora de clientes muito sofisticados, por isso as empresas sentem que a Indústria 4.0 permite-lhes que se destaquem no mercado, e segundo a TJ Moldes *“é das primeiras coisas para o que o cliente olha”*, permitindo-lhes ser uma empresa mais *“in”*. Além disso, a sofisticação dos seus clientes, leva as empresas a procurarem cada vez mais ferramentas da I4.0, de forma a conseguirem responder às suas necessidades, isto é, maior rapidez na entrega e qualidade do molde. Outro motivo em comum, e bastante mencionado pelas empresas, é o ganho de eficiência, ou seja, com a introdução das ferramentas da Indústria 4.0 procuram, juntamente com a vantagem competitiva, um aumento de eficiência. As empresas mencionam ainda o aumento de produtividade, não só para conquistar mais clientes, mas também devido ao facto de estes também serem bastante exigentes com o prazo de entrega rápido e qualidade do produto. Por

isso, de forma a conseguirem responder aos requisitos dos seus clientes a tempo, as empresas ambicionam conseguir um aumento de produtividade.

Algumas empresas ainda enumeram outros motivos, como o aumento de flexibilidade durante toda a produção, destacando também a redução de custo, seguida da redução de desperdícios e de tempo. A TJ Moldes referiu que na produção de moldes ainda existem muitos processos que precisam de ser melhorados, pois como são feitos manualmente é necessária bastante precisão, o que leva muitas vezes a que se realizem muitos erros até ao molde final, e, por conseguinte, existindo muito desperdício de materiais e de tempo. Neste sentido, a TJ Moldes pretende implementar tecnologias da Indústria 4.0, de forma que a sua produção seja mais eficiente e que tenha mais qualidade. Do mesmo modo, a VANGEST ambiciona a automatização de processos em todas as suas empresas, com vista à redução de tempos de produção e, conseqüentemente, aumento de produtividade, a fim de se tornarem uma empresa mais sustentável.

A INTERMOLDE, foi a única empresa a referir a melhoria nas condições de trabalho como um motivo para implementação da Indústria 4.0. Sendo uma empresa que produz essencialmente moldes para a Indústria Vidreira, o seu processo de produção é diferente da produção de moldes para plásticos, visto que se usa altas temperaturas para conseguir moldar os moldes para vidro. Neste sentido, a empresa deseja investir em tecnologias da Indústria 4.0, principalmente robôs, que venham substituir as tarefas mais duras que até então eram feitas pelos trabalhadores, e assim dar-lhes melhores condições de trabalho.

Por último, a TJ Moldes e a INTERMOLDE ressaltam a falta de recursos humanos qualificados como um dos motivos para a adoção de novas tecnologias, isto é, a escassez de pessoal para trabalhar nesta indústria faz com que a empresa tenha que optar pela aquisição destas ferramentas.

Impactos percebidos com a implementação do conceito de I4.0

De modo a responder à questão principal da investigação, foram realizadas duas perguntas às empresas de moldes, conforme a tabela abaixo, a fim de perceber os impactos sentidos com a implementação da Indústria 4.0 e atingir assim o último objetivo deste estudo.

Objetivo	Questões de Entrevista
Perceber o impacto da aplicação da Indústria 4.0 no desempenho operacional das empresas de moldes portuguesas	<p>3.9 Até ao momento, quais são os impactos positivos e negativos que regista com esta transformação?</p> <p>3.10 Quais os impactos sentidos na força de trabalho da empresa com a implementação de tecnologias da Indústria 4.0?</p>

Tabela 8- Objetivo principal - Questões de Entrevista (elaboração própria)

Deste modo, os impactos mais percecionados com a implementação da Indústria 4.0 foram a nível operacional. Os impactos mais sentidos pelas empresas de moldes foram o aumento de produtividade, otimização da produção, redução dos custos de produção e ganho de eficiência. As empresas referiram que desde a implementação das novas tecnologias verificaram um aumento de produtividade, tendo algumas relacionado estes resultados com a redução dos desperdícios e com a perda de tempo de produção. A TJ Moldes enuncia que desde que investiram em ferramentas inovadoras, com o intuito de substituir determinados processos na produção de moldes, conseguiram diminuir significativamente certos prejuízos anteriormente existentes na empresa, dando o exemplo, que desde que investiram numa máquina que consiste na centragem das peças, anteriormente realizado por pessoas, diminuíram exponencialmente o número de moldes que desperdiçavam por dia e os erros cometidos. Posto isto, é imperativo dizer que houve uma redução ao nível do número de horas de produção. O Grupo IBEROMOLDES referiu o aumento da complexidade dos processos, no entanto existe um maior controlo da produção e transparência, que permitem uma maior flexibilidade durante todo o processo.

Outro dos impactos mencionado pelas empresas foi a informação em tempo real que originou uma manutenção mais preditiva, um melhor desempenho das máquinas e menor tempo de inatividade das mesmas. A troca de informação em tempo real permite que as empresas se tornem mais preditivas e capazes de dar uma resposta mais rápida e adaptativa. Assim, algumas empresas conseguiram melhorar os seus processos de orçamentação, pela diminuição de tempo necessário e ajuste na rentabilidade. Além disso, a troca de informações em tempo real, melhora não só a relação com os clientes, mas também com os fornecedores, em termos de facilidade de comunicação e integração do cliente no processo de produção.

Todos os entrevistados referiram a melhoria na qualidade do produto final e redução significativa dos custos. Salientando ainda, que a maioria das empresas conseguiram retorno no investimento e reforçaram que a implementação da Indústria 4.0 contribui bastante para o crescimento da empresa. O CFO da Moldoeste acrescenta *“quem quiser continuar a ter uma empresa competitiva e eficiente vai ter de investir cada vez mais nestas novas tecnologias”*.

A TJ Moldes, o Grupo IBEROMOLDES e a VANGEST ainda referiram que se tornaram mais sustentáveis. A TJ Moldes referiu que houve uma redução de utilização de papel na empresa. A VANGEST criou a *Digital Factory* que garante total eficiência energética nas suas infraestruturas e, simultaneamente, otimização do fluxo de trabalho.

A INTERMOLDE foi a única empresa que referiu uma melhoria nas condições de trabalho. A empresa implementou robôs com o intuito de substituir as tarefas mais duras, anteriormente realizadas pelos seus quadros. No entanto, estes trabalhadores não perderam o seu lugar na empresa, em contrapartida adquiriram outras competências relacionadas com o manuseamento das máquinas. Posto isto, as novas tecnologias melhoram e facilitam o trabalho dos colaboradores.

A nível dos recursos humanos, todas as empresas em estudo mencionaram que não houve redução de funcionários com a introdução de novas tecnologias. Pelo contrário, verificou-se a criação de novos postos de trabalho, pelo facto dos seus colaboradores terem que passar a trabalhar com estas novas ferramentas, adquirindo assim novas competências. Nesse sentido, foi necessário novas formações e eventos para melhor conhecimento de tecnologias emergentes. A INTERMOLDE, tal como TJ Moldes afirmam que *“a maioria dos nossos funcionários acumularam funções, criando-se mais tarefas, não na parte da execução em si, mas mais relacionado com o ‘pensar’”*.

Quanto a impactos negativos, algumas empresas referiram que apenas foram sentidos durante a fase inicial da implementação das tecnologias, devido ao longo tempo de testes que foram necessários fazer e os custos envolvidos durante e após a sua implementação, dado a constante necessidade de atualizações e investimentos inerentes. Ainda foi mencionado a resistência à mudança como o fator mais sentido após a introdução da Indústria 4.0, devido à idade e anos de experiência dos seus colaboradores.

CAPÍTULO 6

Conclusões

Após a análise e discussão dos resultados obtidos através das entrevistas às empresas de moldes portuguesas em estudo, segue-se o último capítulo desta dissertação, que tem como objetivo primordial enunciar as principais conclusões do estudo. Seguido das limitações que ocorreram, bem como de sugestões para investigações futuras em torno da temática da Indústria 4.0.

6.1 Principais Conclusões

A Indústria 4.0 não é apenas um conjunto de tecnologias que trazem soluções inovadoras, é também uma revolução industrial que impacta profundamente toda a cadeia de valor e modelos de negócio. Nesse sentido, no âmbito do presente trabalho de investigação pretendeu-se analisar o impacto da Indústria 4.0 na Indústria dos Moldes Portuguesa. Deste modo, considerou-se importante analisar o nível de implementação das empresas face a este novo paradigma industrial e analisar as adaptações que foram necessárias fazer em todos os aspetos, visto que a I4.0 é uma revolução na maneira como se trabalha, produz e se gere.

Individualmente e coletivamente, as tecnologias associadas ao conceito de Indústria 4.0 têm a promessa de reduzir custos, aumentar a flexibilidade, produtividade e qualidade do produto, mas mais importante que isso a Indústria 4.0, oferece a possibilidade de amortecer as tensões referentes entre essas principais prioridades operacionais (Olsen & Tomlin, 2020). Estas tecnologias permitem uma comunicação mais direta, possibilitando que os sistemas tecnológicos interajam entre si, permitindo assim que os problemas sejam resolvidos e que as decisões sejam tomadas rapidamente. O objetivo da Indústria 4.0 é conseguir trabalhar com altos níveis de automação e digitalização, alcançando um nível mais alto de produtividade e eficiência. A I4.0 irá reformular o modo de produção e organização da indústria.

O presente estudo, incide sob a indústria de moldes, desenvolvido especificamente nos grupos empresariais da zona industrial da Marinha Grande, onde existe, juntamente com Oliveira de Azeméis, a maior concentração de empresas do setor dos moldes em Portugal. No total, foram entrevistadas e examinadas cinco empresas de moldes.

Através das entrevistas, foi possível verificar que as empresas de moldes nacionais são geridas por pessoas com conhecimento em Indústria 4.0 e estão bem informadas das tecnologias associadas à I4.0 que já estão a ser utilizadas e as que estão para vir a ser lançadas.

Além disso, a Indústria 4.0 já se encontra implementada em todas as empresas, sendo considerada como indispensável, tendo em conta o estado de evolução da indústria de moldes. O mercado foi se tornando cada vez mais exigente e as necessidades de flexibilidade das empresas, acompanhada de elevados níveis de eficiência e rentabilidade, impõem a adoção de tecnologias da I4.0. No entanto, nem todas as empresas consideram estar num nível alto de implementação de Indústria 4.0, visto ser uma indústria que depende muito do trabalho humano e ainda não existem tecnologias que permitem a automação total do processo de produção.

Relativamente aos pilares tecnológicos da Indústria 4.0, os mais mencionados pelos entrevistados foram os robôs, a *Internet das Coisas*, o *Big Data*, a Simulação e os Sistemas Integrados. No entanto, a aplicação das várias tecnologias depende do tipo de produto, cliente e objetivos da empresa. Contudo, tecnologias como a impressão 3D, Realidade Aumentada e *Cloud Computing* não são ainda utilizadas pelas empresas, sendo que algumas manifestaram a intenção de investir em impressão 3D. Além disso, a maioria das empresas afirmaram ter intenção em investir em Inteligência Artificial num futuro próximo, sendo que apenas uma referiu já utilizar.

Em relação ao nível de preparação, as empresas em estudo desenvolveram conhecimento na área através de fontes externas e internas. As fontes externas foram exemplos de práticas de outras empresas, bem como pesquisas sobre a Indústria 4.0. As fontes internas são as atividades de I&D que realizam e aprendizagem com os seus erros.

No que concerne, aos desafios mencionados pelas empresas estes foram sobretudo de índole humana, no qual a falta de pessoal qualificado, a resistência à mudança por parte dos trabalhadores e a pouca quantidade de pessoas dispostas a trabalhar nesta indústria são os mais referidos. Outras barreiras identificadas foram o elevado investimento necessário para implementação de novas tecnologias, como também a falta de apoio financeiro e a incerteza da possibilidade a esse apoio. Por outro lado, as empresas mencionaram também estes apoios como um dos fatores que facilitam a implementação da I4.0.

Outros aspetos tidos como facilitadores foram as infraestruturas das empresas, no qual têm vindo a investir desde que começaram a querer evoluir e inovar e a disponibilidade financeira, que apesar de terem, consideram não ser suficiente, dado as tecnologias que querem e são necessárias investir.

Em geral, através da observação das entrevistas, as empresas de moldes procuram a Indústria 4.0, como forma de se destacarem da concorrência, aumentarem a sua produtividade, eficiência e sobretudo flexibilidade que é necessária, dada as exigências dos clientes presentes

na indústria dos moldes, que exigem produtos com mais qualidade, complexidade e prazos de entrega mais curtos.

Nos dias de hoje, é necessário, monitorizar todas as atividades produtivas, visualizar facilmente a informação disponível, entender todo o processo produtivo, prever antecipadamente ações futuras para evitar falhas e desvios nos recursos produtivos e automatizar o ciclo produtivo com base no histórico e assim obter o máximo de rendimento das máquinas. E foi isso que a I4.0 veio trazer.

No que diz respeito, a impactos sentidos após a implementação de tecnologias inerentes à I4.0, verificou-se que são maioritariamente positivos, como o aumento da produtividade, seguida da otimização do processo produtivo, redução dos custos de produção e logística, bem como a perda de tempo de produção, diminuição dos desperdícios, ganho de eficiência e qualidade e maior flexibilidade foram os impactos mais apurados. Além disso, a Indústria 4.0 trouxe a vantagem da manutenção e monitorização remota da produção.

No entanto, a Indústria 4.0 não deixa de ser uma oportunidade para outros participantes. Para os colaboradores, foi possível verificar impactos positivos, como melhorias nas condições de trabalho, através da eliminação do trabalho monótono, bem como dos trabalhos fisicamente exigentes. Apesar de haver alguma resistência a esta transformação digital, pela ideia de que as máquinas vão substituir totalmente as pessoas e aumentar os despedimentos, estas vieram criar novos postos de trabalho e novas competências aos trabalhadores, visto que foi necessário que estes não só passassem a manusear novas tecnologias, mas também que passassem a monitorizá-las, sendo necessário saberem interpretar os dados e a informação em tempo real. Nesse sentido, surgiram empregos mais qualificados e especializados. Tendo isto em conta, é imperativo dizer que as empresas têm de investir em mais formações dos seus quadros e eventos, não só de forma a consciencializarem os seus trabalhadores a este novo paradigma industrial, mas também a incentivá-los a aprenderem novos processos e técnicas inovadoras. Os entrevistados destacaram que as formações devem estar interligadas com a prática e adaptados às tarefas específicas dos trabalhadores, visto que aumenta o sucesso do que está a aprender. Além disso, a participação em projetos com universidades e parceiros científicos garante que os colaboradores adquiram mais habilidades e interesse pelo tema. Ao mesmo tempo, passará a haver uma maior interação com os fornecedores e clientes durante o processo produtivo, devido à nova maneira de comunicação em tempo real, conseguida com a adoção das novas tecnologias.

As empresas ainda referiram a redução exponencial do uso de papel e a melhoria da sustentabilidade com a implementação de novas tecnologias que melhoram a eficiência da gestão da empresa.

Conclui-se ainda, que dada a informação disponível em tempo real, oferece às empresas uma agilidade para poder tomar decisões mais rápidas e fundamentadas em conhecimento sobre todos os processos envolvidos na produção, resultando numa manutenção preditiva e sem margem para erros.

Finalmente, foi questionado às empresas se a implementação da Indústria 4.0 pode contribuir para o crescimento da empresa, no qual todas afirmaram uma certeza de que sim e que graças à sua implementação e investimento em inovação melhoraram a sua performance.

Assim, conclui-se que a implementação da indústria 4.0 contribui positivamente na performance das empresas de moldes portuguesas, indo de encontro aos objetivos propostos da investigação no qual se pretendia saber qual o impacto da Indústria 4.0 na Indústria dos Moldes. A Indústria 4.0 é uma oportunidade para as empresas, visto que possui as tecnologias, processos e pessoas certas para obter-se excelência na sua performance e vantagem competitiva, necessária para o contexto atual.

Este estudo contribuiu para enriquecer a literatura já existente, sendo que é o primeiro caso estudo relacionado com a Indústria dos Moldes em Portugal, podendo servir como modelo. Através deste caso de estudo, as empresas de moldes conseguem ter acesso aos possíveis impactos das novas tecnologias e alterações necessárias aquando da introdução da I4.0 nos seus modelos de negócio.

Numa indústria em que a evolução é constante, foi possível verificar que as empresas de moldes já se encontram num alto nível de implementação de Indústria 4.0 e de preparação para a sua adoção. Contudo, os resultados mostram que as empresas devem desenvolver planos mais sólidos para a implementação de tecnologias da Indústria 4.0

6.2 Limitações de Pesquisa e Sugestões para pesquisas futuras

Terminado o trabalho, é importante identificar as principais limitações presentes neste estudo e propor sugestões para investigações futuras.

Este estudo apresenta várias limitações sobretudo em relação à metodologia. Inicialmente, o objetivo desta investigação seria entrevistar entre oito e dez empresas de moldes portuguesas da zona industrial da Marinha Grande, no entanto, após envio de vários e-mails, nunca se obteve resposta. Nesse sentido, sentiu-se uma grande dificuldade em contactar as empresas, pois não

houve retorno por parte das mesmas. Além disso, o facto de a amostra ser apenas de cinco empresas de moldes portuguesas, faz com que os resultados sejam muito reduzidos, não permitindo uma generalização dos mesmos. E tendo em conta, que o caso de estudo se baseou apenas em empresas da zona industrial da Marinha Grande, o número de empresas possíveis a ser estudadas, acabou por ser mais reduzido. Nesse sentido, sugere-se aumentar o número de empresas em estudo, de forma a obter uma maior diversidade de dados, e escolher empresas de moldes portuguesas com outras localizações geográficas, para que também seja possível apresentar comparações entre as diferentes regiões.

Outra das limitações deve-se ao facto de nem todas as entrevistas terem sido realizadas de forma presencial ou por chamada de vídeo. Devido à indisponibilidade de algumas empresas para uma entrevista, foi enviado às mesmas, por e-mail, o questionário em formato *word* com as perguntas da entrevista. Contudo, apesar da maioria das questões ser de resposta aberta, não foi possível obter respostas com mais qualidade e matéria de estudo, tornando assim o questionário um pouco limitador.

Por último, o facto de o estudo ser de natureza qualitativa, traz também algumas limitações, sendo uma delas, o ponto de vista fornecido pelo entrevistado. Mesmo que esse ponto de vista seja explorado, não há certeza de que este não seja de fato o seu ponto de vista pessoal.

Sugere-se também a possibilidade de comparar estes impactos com indicadores financeiros e entrevistar pessoas de diferentes departamentos, desde, por exemplo, setor financeiro ao dos colaboradores que trabalham diretamente com estas tecnologias, de forma a ter uma visão mais holística do tema.

É importante esclarecer que apesar de todas as limitações encontradas, tentou-se ao máximo ultrapassar as dificuldades apresentadas durante o estudo.

Referências Bibliográficas

- Abdelmajied, F. Y. (2022). Industry 4.0 and Its Implications: Concept, Opportunities, and Future Directions.
- Agostini, L., & Filippini, R. (2019). Organizational and managerial challenges in the path toward Industry 4.0. *European Journal of Innovation Management*, 22(3).
- Aneme. (s.d.). Estudo sobre o potencial da indústria 4.0 no setor metalúrgico e eletromecânico e nos seus subsectores. Obtido de Valor metal.
- Bahrin, M. A., Othman, M. F., Azli, N. H., & Talib, M. F. (2016). INDUSTRY 4.0: A REVIEW ON INDUSTRIAL AUTOMATION AND ROBOTIC. *Jurnal Teknologi*, pp. 137-143.
- Bahrin, M. A., Othman, M. F., Azli, N. H., & Talib, M. F. (2016). INDUSTRY 4.0: A REVIEW ON INDUSTRIAL AUTOMATION AND ROBOTIC. *Jurnal Teknologi*, 78(6-13), pp. 137-143.
- Benotsmame, R., Kovács, G., & Dudás, L. (2019). Economic, Social Impacts and Operation of Smart Factories in Industry 4.0 Focusing on Simulation and Artificial Intelligence of Collaborating Robots. *Social Sciences*.
- Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. *Business Horizons*, 55, pp. 155-162.
- Bhardwaj, S., Jain, L., & Jain, S. (2010). Cloud Computing: A Study of Infrastructure as a Service (IAAS). *International Journal of Engineering*, 2, pp. 60-63.
- Bloem, J., Doorn, M. V., Duivesteyn, S., Excoffier, D., Maas, R., & Ommeren, E. v. (2014). The Fourth Industrial Revolution. 8, pp. 11-15.
- Bonciu, F. (2017). Bonciu, F. (2017). Evaluation of the Impact of the 4th Industrial Revolution on the Labor Market. *Romanian Economic and Business Review*, pp. 7-16.
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *Int. J. Mech. Aerospace, Ind. Mechatron. Manuf. Eng.*, 8, pp. 37-44.
- CEFAMOL. (2021). *Indústria Portuguesa De Moldes*.
- Chain Project. (2019). Uma Abordagem Abrangente - Principais Características e Impactos Em PME.
- Cordes, F., & Stacey, N. (2017). Is UK Industry ready for the Fourth Industrial Revolution? *The Boston Consulting Group*.
- Creswell, J. W. (2014). Research Design - Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches.
- Dallasega, P., Rauch, E., & Linder, C. (2018). Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review. *Computers in Industry*, 99, pp. 205-225.

- De Pace, F., Manuri, F., & Sanna, A. (2018). Augmented Reality in Industry 4.0. *AMERICAN JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY*, 6(1:17).
- Dima, A. (25 de Janeiro de 2021). *Short history of manufacturing: from Industry 1.0 to Industry 4.0*. Obtido de K Factory: <https://kfactory.eu/short-history-of-manufacturing-from-industry-1-0-to-industry-4-0/>
- Duarte, A. S., Sanches, R. A., & Dedini, F. G. (2018). Assessment and technological forecasting in the textile industry: From first industrial revolution to the Industry 4.0. *Strategic Design Research Journal*, 11(3), 193-202.
- Dubkevics, L., & Barbars, A. (2010). THE ROLE OF ORGANIZATIONAL CULTURE IN HUMAN RESOURCE MANAGEMENT. *Human Resources Management & Ergonomics*, IV(1), pp. 1-10.
- Dutton, W. H. (2014). Putting things to work: Social and policy challenges for the Internet of things. *info*.
- European Comission. (2017). Country: Portugal "Indústria 4.0". *Digital Transformation Monitor*.
- Foidl, H., & Felderer, M. (November de 2015). Research Challenges of Industry 4.0 for Quality Management. *International conference on enterprise resource planning systems*, pp. 121-137.
- Gehrke, L., Kühn, A. T., Rule, D., Moore, P., Bellmann, C., Siemes, S., . . . Standley, M. (2015). A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective. *Conference: Hannover Messe 2015*.
- Geissbauer, R., Vesdo, J., & Schrauf, S. (2016). *A strategist's guide to Industry 4.0*. Obtido de Strategy + Business: <https://www.strategy-business.com/article/A-Strategists-Guide-to-Industry-4.0>
- Ghadge, A., Kara, M. E., Moradlou, H., Goswami, & Mohit. (2020). The impact of Industry 4.0 implementation on supply chains.
- Ghadge, A., Kara, M., Moradlou, H., & Goswami, M. (2020). The impact of Industry 4.0 implementation on supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Goel, R., & Gupta, P. (2020). Robotics and Industry 4.0. Em A. Nayyar, & A. Kumar, *A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development. Advances in Science, Technology & Innovation (IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development)* (pp. 157-169).
- Hackett, L. (1992). Industrialization: The First Phase. Obtido de <http://web.archive.org/web/20120311001104/http://history-world.org/Industrial%20Intro.htm>
- Hammersley, M. (2012). Troubling theory in case study research. *Higher Education Research & Development*, pp. 393-405.

- Hiskey, T. (2017). *Preparing for Manufacturing's Future with Industry 4.0*. Obtido de Industry Week: <https://www.industryweek.com/technology-and-iiot/article/22017916/preparing-for-manufacturings-future-with-industry-40>
- Indústria 4.0 e Digitalização*. (s.d.). Obtido de Valor Metal: <https://valormetal-idigital.pt/>
- Javaid, M., Haleem, A., Vaiskya, R., Bahl, S., Suman, R., & Vaish, A. (2020). Industry 4.0 technologies and their applications infighting COVID-19 pandemic. *Diabetes&Metabolic Syndrome: Clinical Research&Reviews*, pp. 419-422.
- Johson, M. (2010). *Seizing the White Space: Business Model Innovation for Growth and Renewal*. Harvard Business Press.
- Jornal de Leiria. (2014). História da Indústria na Região de Leiria.
- Kagermann, H., & Wahlster, W. H. (2013). Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0 - Securing the Future of German Manufacturing Industry. *Frankfurt: Acatech-National Academy of Science and Engineering*.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for Implementing The Strategic Initiative Industrie 4.0 . pp. 13-78.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, pp. 408-425.
- Keleş, Ö., Blevins, C. W., & Bowman, K. J. (2017). Effect of build orientation on the mechanical reliability of 3D printed ABS. *Rapid Prototyping Journal*.
- Kumar, S. V., Bawge, G., & Kumar, B. C. (2021). An Overview of Industrial Revolution and Technology of. *International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES)*, 9(1), pp. 64-71.
- Kumar, S., Tiwari, P., & Zymbler, M. (2019). Internet of Things is a revolutionary approach for future tecnology enhancement: a review. *Journal of Big Data*.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H.-A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, pp. 18-23.
- Lee, J., Davari, H., Singh, J., & Pandhare, V. (2018). Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 18, pp. 20-23.
- Low, Z.-X., Chua, Y. T., Ray, B. M., Mattia, D., Metcalfe, I. S., & Patterson, D. A. (2017). Perspective on 3D printing of separation membranes and comparison to related unconventional fabrication techniques. *Journal of Membrane Science*, 523, pp. 596-613.
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, pp. 1-10.
- Magruk, A. (2016). Uncertainty in the sphere of the industry 4.0–potential areas to research. *Business, Management and Education*, 14(2), 275-291.
- Manda, M. I., & Dhaou, S. B. (2019). Responding to the challenges and opportunities in the 4th Industrial revolution in developing countries . *Proceedings of the 12th international conference on theory and practice of electronic governance*, pp. 244-253.

- Masood, T., & Egger, J. (2019). Augmented reality in support of Industry 4.0 - Implementation challenges and success factors. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 58, pp. 181-195.
- Masood, T., & Egger, J. (2019). Augmented reality in support of Industry 4.0—Implementation challenges and success factors. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 58, pp. 181-195.
- Mitra, A., Kundu, A., Chattopadhyay, M., & Chattopadhyay, S. (2017). A cost-efficient one time password-based authentication in cloud environment using equal length cellular automata. *Journal of Industrial Information Integration*, 5, pp. 17-25.
- Mohelska, H., & Sokolova, M. (2018). Management Approaches for Industry 4.0 - The Organizational Culture Perspective. *Technological and Economic Development of Economy*, 24, pp. 2225-2240.
- Monostori, L. (2014). Cyber-physical Production Systems: Roots, Expectations and R&D Challenges. *Procedia CIRP*, 17, pp. 9-13.
- Müller, J., Maier, L., Johannes, V., & Voigt, K.-I. (2017). Cooperation strategies among SMEs for implementing industry 4.0 PDF Logo. *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics*, 23, pp. 301-318.
- Niiler, E. (25 de Janeiro de 2019). *How the Second Industrial Revolution Changed Americans' Lives : The rapid advancement of mass production and transportation made life a lot faster*. Obtido de History : <https://www.history.com/news/second-industrial-revolution-advances>
- Pata, A., & Silva, A. (2022). Challenges and Opportunities of Industry 4.0 at Mold Production Engineering and Management. *International Conference Innovation in Engineering*, pp. 13-23.
- Pereira, A., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206–1214.
- Philbeck, T., & Davis, N. (22 de Jan de 2019). *The Fourth Industrial Revolution: Shaping A New Era*. Obtido de Journal of International Affairs : Columbia | SIPA: <https://jia.sipa.columbia.edu/fourth-industrial-revolution-shaping-new-era>
- Pinto, I. (02 de Junho de 2021). *Indústria dos moldes em fase de emagrecimento forçado*. Obtido de Dinheiro Vivo: <https://www.dinheirovivo.pt/empresas/industria-dos-moldes-em-fase-de-emagrecimento-forcado-13794504.html>
- Pinto, M. (06 de Agosto de 2020). *Indústria 4.0*. Obtido de Jornal de Negócios: <https://www.jornaldenegocios.pt/opiniao/colunistas/detalhe/industria-40>
- Pozdnyakova, U. A., Golikov, V. V., Peters, I. A., & Morozova, I. A. (2019). *Genesis of the Revolutionary Transition to Industry 4.0 in the 21st Century and Overview of Previous Industrial Revolutions*. Springer International Publishing.
- Prisecaru, P. (2016). Challenges of the Fourth Industrial Revolution. *Knowledge Horizons - Economics*, 8(1), pp. 57-62.

- Reja, U., Manfreda, K. L., Hlebec, V., & Vehovar, V. (2003). Open-ended vs. Close-ended Questions in Web Questionnaires.
- Revista Moldes e Plásticos. (Fevereiro de 2021). Moldes e Plásticos'2021. Região de Leiria.
- Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0.
- Rodrigues, S. (2002). Business strategy and organizational performance: An analysis of the Portuguese mould industry. *Universidade de Wolverhampton, Reino Unido, Tese de Doutoramento*.
- Rojko, K., Erman, N., & Jelovac, D. (2020). Impacts of the Transformation to Industry 4.0 in the Manufacturing Sector: The Case of the U.S.
- Roth, S., Schwede, P., Valentinov, V., & Pérez-Valls, M. (2020). Harnessing big data for a multifunctional theory of the firm. *European Management Journal*, 38, pp. 54-61.
- Rüßmann, M., Markus, L., Gerbet, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum. Obtido de https://www.academia.edu/35846430/The_Fourth_Industrial_Revolution_Klaus_Schwab
- Shahrubudina, N., Lee, T. C., & Ramlan, R. (2019). An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials and Applications. *Procedia Manufacturing*, 35, pp. 1286-1296.
- Shariatzadeh, N., Lundholm, T., Lindberg, L., & Sivard, G. (2016). Integration of digital factory with smart factory based on Internet of Things. *Procedia CIRP*, 50, 512-517.
- Silva, A. D., Dionísio, A., & Almeida, I. (2020). Enabling Cyber-Physical Systems for Industry 4.0 operations: A Service Science Perspective. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, 9(8).
- Silva, Á. F. (2005). Moldes: um caso exemplar do desenvolvimento industrial português. *Núcleo de Estudos de História Empresarial e Universidade Nova de Lisboa*, pp. 43-45.
- Stanlovic, M., Gupta, R., & Figueroa, J. E. (2017). Industry 4.0 - Opportunities Behind the Challenge. *Unido General Conference 17*.
- Thames, L., & Schaefer, D. (2016). Software-defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 52, pp. 12-17.
- VANGEST. (08 de Junho de 2020). *A Evolução do Fabrico de Moldes em Portugal*. Obtido de VANGEST: <https://www.vangest.pt/evolucao-do-fabrico-de-moldes-em-portugal/>
- Waller, M. A., & Fawcett, S. E. (2013). Data Science, Predictive Analytics, and Big Data: A Revolution That Will Transform Supply Chain Design and Management. *Journal of Business Logistics*, 34(2), pp. 77-84.
- Wan, K., Hughes, D., Man, K. L., Krilavičius, T., & Zou, S. (2011). Investigation on Composition Mechanisms for Cyber Physical Systems. *INTERNATIONAL JOURNAL OF DESIGN, ANALYSIS AND TOOLS FOR CIRCUITS AND SYSTEMS*, 2(1), 30-40.

- Wang, L., Liu, S., Cooper, C., Wang, X., & Gao, R. (2021). Function block-based human-robot collaborative assembly driven by brainwaves. *CIRP Annals*, 70(1), pp. 5-8.
- Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., & Zhang, C. (2016). Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. *Computer networks*, pp. 158-168.
- Wang, X., Ong, S. K., & Nee, A. Y. (2016). Real-virtual components interaction for assembly simulation and planning. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 41, pp. 102-114.
- Wee, D., Kelly, R., Cattell, J., & Breunig, M. (2015). Industry 4.0 - How to navigate digitization of the manufacturing sector.
- Weiblen, T. (2016). The Open Business Model: Understanding an Emerging Concept. *Journal of Multi Business Model Innovation and Technology*, 2, 35-66.
- Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), pp. 2941-2962.
- Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (2018). The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges. *International journal of financial research*, 9(2), pp. 90-95.
- Xu, X. (2012). From cloud computing to cloud manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 28(1), pp. 75-86.
- Yang, C., Lan, S., Shen, W., Huang, G. Q., Wang, X., & Lin, T. (2017). Towards product customization and personalization in IoT-enabled cloud manufacturing. *Cluster Computing*, 20(2), pp. 1717-1730.
- Yin, R. K. (2017). *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. Sage.
- Yin, Y., Steckeb, K. E., & Li, D. (2018). The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 848–861.
- Younus, U. M. (9 de May de 2017). *Fourth industrial revolution - Newspaper - DAWN.COM*. Obtido em 25 de November de 2021, de Dawn: <https://www.dawn.com/news/1331909>
- Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges . *12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*, pp. 2147-2152.

Anexos

Anexo 1 - Guião de Entrevista:

Organização:

Dia da entrevista:

Introdução

O meu nome é Margarida Santos, sou aluna de 2º ano do Mestrado em Economia da Empresa e da concorrência no ISCTE e atualmente estou a desenvolver a dissertação na área da Indústria 4.0 com o intuito de estudar o impacto da Indústria 4.0 na indústria dos moldes, com enfoque nas empresas da zona industrial da Marinha Grande.

Antes de começar, quero certificar-me que tenho a sua autorização para poder gravar esta conversa.

1. Perfil do entrevistado

1.1 Qual cargo que desempenha na empresa?

1.2 Há quanto tempo trabalha na empresa?

2. Questões sobre a Empresa

2.1 Ano de fundação:

2.2 Volume de Negócios (euros)

- a. Menos de 1 000 000;
- b. Entre 1 000 000 e 5 000 000;
- c. Entre 5 000 000 e 10 000 000;
- d. Entre 10 000 000 e 20 000 000;
- e. Entre 20 000 000 e 50 000 000;
- f. Mais de 50 000 000;

2.3 Número de colaboradores:

2.4 Pode descrever a atividade principal da sua empresa? (Produtos e Serviços)

3. Questões sobre a Indústria 4.0

3.1 Qual o grau de implementação de Indústria 4.0 da empresa? (Escala 1-5 : Muito baixo, Baixo , Médio, Alto, Muito Alto)

3.2 A empresa já investiu ou existe a intenção de investir em tecnologias associadas à Indústria 4.0?

3.3 Quais as tecnologias em que investiram? São utilizadas em que medida?

3.4 Há quanto tempo investiu nessas tecnologias? (cada uma)

- a. < 1 ano
- b. 1 a 5 anos
- c. 5 a 10 anos
- d. > 10 anos

3.5 Quais os motivos para a introdução da I4.0?

3.6 A empresa desenvolveu algum plano com objetivos a atingir com a implementação da Indústria 4.0? Se sim, quais os objetivos que conseguiram atingir?

3.7 Houve alterações no modelo de negócio da empresa? Se sim, que alterações?

3.8 Que fatores (internos e externos) da organização facilitam a adoção e implementação destas tecnologias?

3.9 Que fatores (internos e externos) da organização dificultam a adoção e implementação destas tecnologias?

3.10 Até ao momento, quais são os impactos positivos e negativos que regista com esta transformação?

3.11 Quais os impactos sentidos na força de trabalho da empresa com a implementação de tecnologias da Indústria 4.0?

3.12 Na sua opinião, a implementação da I4.0 pode contribuir para o crescimento da empresa?

3.13 Em que tecnologia digital pretende investir nos próximos 5 anos?