



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

MESTRADO

GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

DISSERTAÇÃO

AVALIAÇÃO DA MATURIDADE DE INDÚSTRIA 4.0:
ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA PORTUGUESA DE
MOLDES

MIGUEL MOREIRA TECELÃO BERNARDO DA SILVA

OUTUBRO - 2022



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

MESTRADO EM
GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO
DISSERTAÇÃO

AVALIAÇÃO DA MATURIDADE DE INDÚSTRIA 4.0:
ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA PORTUGUESA DE
MOLDES

MIGUEL MOREIRA TECELÃO BERNARDO DA SILVA

ORIENTAÇÃO:

PROF. DR. MANUEL DUARTE MENDES MONTEIRO
LARANJA

OUTUBRO - 2022

GLOSSÁRIO

I4.0 - Indústria 4.0

IAPMEI - Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação

ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade

IoT - *Internet of things*

FIR - Institute for Industrial Management

M2M - Máquina para Máquina

PME – Pequenas e Médias Empresas

UA - Universidade de Aveiro

RESUMO

Os sucessivos avanços tecnológicos tiveram o efeito de evolução e recriação na indústria a partir do século XVIII até aos dias de hoje. Contudo, o ritmo de inovação na atualidade é único causando uma disrupção na indústria, nos negócios e no mundo. A quarta revolução industrial acarreta novos e enormes desafios sociais e económicos.

A indústria portuguesa de moldes é constituída por empresas altamente reconhecidas internacionalmente, o que demonstra a qualidade dos seus produtos e a qualificação da sua mão-de-obra. Além disso, distingue-se pela aposta constante na inovação e na tecnologia de ponta.

O objetivo da presente dissertação passa por fazer uma avaliação da maturidade de Indústria 4.0 (I4.0) aplicada à indústria portuguesa dos moldes, concretamente por análise do caso da empresa Planimolde.

Para alcançar este objetivo, será feita uma avaliação da maturidade de I4.0, à empresa em estudo, através de um modelo de maturidade de I4.0. O modelo utilizado foi uma adaptação à realidade portuguesa, da autoria do Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ) e promovida pelo Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação (IAPMEI) e a Universidade de Aveiro (UA), do modelo IMPULS que foi desenvolvido pelo IW Consult da Cologne Institute for Economic Research e pela FIR da RWTH da Universidade de Aachen.

O modelo é baseado na análise de 6 dimensões e 18 temas associados à I4.0 da empresa avaliada e contempla 6 níveis de maturidade de I4.0. Tendo como base de funcionamento ferramenta de autodiagnóstico de maturidade de I4.0, designada por SHIFTo4.0.

O presente estudo identificou a fraca preparação da Planimolde para a integração da Indústria 4.0 e a falta de competências nas diferentes dimensões de valor para o estudo. Foi possível concluir que as restantes empresas intervenientes no estudo estão numa fase inicial de integração na Indústria 4.0, sendo que a Planimolde apresenta estar pior preparada que a média destas empresas. Um dos principais motivos da sua fraca preparação deve-se ao foco na sua área operacional.

Palavras-Chave: Indústria 4.0, IMPULS, SHIFTo4.0, Nível de preparação

ABSTRACT

The successive technological advances have been affecting the evolution and recreation in industry since the 18th century to the present day. However, nowadays, the pace of innovation is so unique it actually causes disruption in industry, business and the world. In that sense, the fourth industrial revolution brings enormous new social and economic challenges.

The Portuguese mold industry is made up of companies that are highly recognized internationally, which demonstrates the quality of its products and the qualification of its workforce. In addition, it stands out for its constant commitment to innovation and cutting-edge technology.

This dissertation aims to assess the maturity of Industry 4.0 (I4.0) applied to the Portuguese mold industry, specifically by analyzing the case of the company Planimolde.

To achieve this, an assessment of the maturity of I4.0 will be made to the company under study, through an I4.0 maturity model. The model used was an adaptation to the Portuguese reality - authored by the Institute of Welding and Quality (ISQ) and promoted by the Institute of Support for Small and Medium Enterprises and Innovation (IAPMEI) and the University of Aveiro (UA) - of the IMPULS model which was developed by the IW Consult of the Cologne Institute for Economic Research and the FIR of the RWTH of the University of Aachen.

The model is based on the analysis of 6 dimensions and 18 themes associated with the I4.0 of the evaluated company and includes 6 levels of maturity of I4.0. This is based on the I4.0 maturity self-diagnosis tool, called SHIFTo4.0.

The present study identified Planimolde's poor preparation for the integration of Industry 4.0 and the lack of skills in the different dimensions of value for the study. It was possible to conclude that the remaining companies involved in the study are in an initial phase of integration in Industry 4.0, and Planimolde is worse prepared than the average of these companies. One of the main reasons for its poor preparation is due to the focus on its operational area.

Keywords: Industry 4.0, IMPULS, SHIFTo4.0, Level of preparation

ÍNDICE

Glossário.....	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Índice	v
Índice de Tabelas	vi
Índice de Figuras	vi
Agradecimentos	viii
1. Introdução.....	1
2. Revisão de Literatura.....	4
2.1. Indústria 4.0	4
2.1.1 Princípios da Indústria 4.0.....	6
2.1.2 Tecnologias da indústria 4.0.....	7
2.1.3 Impactos e Desafios.....	11
2.1.4 Modelos de Maturidade para a Indústria 4.0	13
3. Metodologia.....	19
3.1 Etapas Metodológicas.....	19
3.2 Análise de dados	21
4. Apresentação e discussão dos resultados.....	24
4.1 Qual o nível de maturidade de I4.0 das diferentes dimensões na Planimolde?	24
4.2 Quais as dimensões que a Planimolde tem como objetivo evoluir?.....	28
4.3 Qual o posicionamento, ao nível de maturidade de I4.0, da Planimolde face à média nacional?.....	31
5. Considerações Finais	38

5.1. Conclusões.....	38
5.2. Limitações	41
5.3. Estudos Futuros	41
Referências bibliográficas	42
Anexos.....	47
Anexo A – Dimensões e temas da I4.0.....	47
Anexo B – Nível de maturidade de I4.0	48
Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais..	49
Anexo D – Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 da Planimolde	50

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.2.1 - Dimensões e áreas associadas do modelo de maturidade IMPULS..	15
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1.1 – Avaliação global da Planimolde.....	24
Figura 4.1.2 – Avaliação por temas, de cada dimensão, da Planimolde	25
Figura 4.3.1 - “Tabela 3 - Avaliação global por dimensão de empresa” da secção “4.1 Resultados Globais” Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais	32
Figura 4.3.2 - “Tabela 17 – Áreas onde houve investimento i4.0 nos últimos 2 anos” da secção “4.2.2 Estratégia e organização” Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais	33
Figura 4.3.3 - “Tabela 19 - Áreas onde planeiam investir em i4.0 nos próximos 5 anos” da secção “4.2.2 Estratégia e organização” Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais	33
Figura 4.3.4 - “Tabela 26 – Finalidade dos dados recolhidos (modelo digital da fábrica)” da secção “4.2.3 Fábrica inteligente” Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais.	34

Figura 4.3.5 - “Tabela 31 – Experiência de casos de controlo autónomo de produtos através da cadeia de produção” da secção “4.2.4 Operações inteligentes” Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais 35

Figura 4.3.6 - “Tabela 36 – Produtos equipados com funcionalidades baseadas em TIC” da secção “4.2.5 Produtos inteligentes” Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais 36

Figura 4.3.7 - “Tabela 39 – Integração de dados com vista à promoção de novos serviços” da secção “4.2.6 Serviços baseados em dados” Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais 36

AGRADECIMENTOS

Neste trabalho que chega agora ao fim é imperativo agradecer a quem esteve comigo neste percurso do mestrado que termina agora com a conclusão desta dissertação.

Em primeiro lugar agradeço ao meu orientador, o Professor Doutor Manuel Laranja, por me ter ajudado na definição do tema e na melhoria do trabalho desenvolvido.

Quero também agradecer aos meus colegas mais próximos e professores do mestrado, foram pessoas que me incentivaram e me fizeram crescer.

Agradeço muito a todos os meus amigos que foram incansáveis na motivação e acreditaram sempre em mim e nas minhas capacidades.

Aos meus colegas de trabalho e CEO, agradeço toda a compreensão e interesse que sempre tiveram no meu progresso académico.

Por fim quero agradecer à minha família e à minha namorada. Obrigado, sem vocês não seria a pessoa que hoje sou.

A todos e todas, um obrigado profundo!

1. INTRODUÇÃO

A I4.0 reflete um novo paradigma no que diz respeito às grandes revoluções industriais. No século XVIII ocorreu a primeira revolução industrial, em que começaram a ser introduzidas as máquinas nos processos industriais com o aprimoramento das máquinas a vapor e a criação do tear mecânico (Lu, 2017). No início do século XX iniciou-se uma nova revolução, que se caracterizou pela divisão do trabalho, introdução da produção massificada com ajuda da energia elétrica, a exploração de novos materiais, como aço e produtos sintéticos e o descobrimento de novas formas de combustível (Keller et al., 2014).

Nos anos 70, a terceira revolução industrial foi caracterizada pela aplicação de controladores lógicos programáveis (*Programmable Logic Controllers - PLC*) para automação da manufatura além da utilização de tecnologias da informação para a gestão da produção (Stock & Seliger, 2016).

Na sequência das fases de evolução da indústria referidas acima, numerosas tecnologias têm emergido e sido desenvolvidas, bem como novas visões na gestão das organizações. A I4.0 é uma conjugação dos sistemas ciber-físicos (*CPS - Cyber-physical systems*), da internet das coisas (*IoT - Internet of things*) da miniaturização através da micro e nanotecnologias, da computação em nuvem (*Cloud Computing*), da inteligência artificial, dos sistemas autónomos, da manufatura aditiva, do *Big Data*, entre outras tecnologias e conceitos relevantes (Keller et al., 2014).

O impacto não foi somente na tecnologia mas também na criação de novos conceitos como a customização em massa, a digitalização de equipamentos, produtos e processos, a adaptabilidade dos sistemas, que se responsabilizaram por uma profunda mudança, não só especificamente na Indústria, mas também na cadeia de valor, a um novo nível de organização e gestão da cadeia durante o ciclo de vida dos produtos (Kagermann & Lukas, 2013) ou ainda como um conjunto de tecnologias e conceitos aplicados na organização das empresas (Hermann et al., 2016).

Isoladamente, cada uma das tecnologias e conceitos pode contribuir para ganhos incrementais de produtividade, agilidade e eficiência nas organizações, mas em conjunto

a integração de todos tende a alterar profundamente a competitividade das empresas e a cadeia de valor das organizações.

A quarta revolução industrial está em curso, e da mesma forma como ocorreu com as revoluções anteriores, não existe um marco temporal que a defina. Os Estados Unidos, Canadá, Japão, China, alguns países da Europa, Austrália e alguns países asiáticos são países que são responsáveis pelo desenvolvimento de alta tecnologia e os grandes intervenientes destas transformações. Isso deve-se essencialmente ao grande investimento que as empresas e governos destes países fazem em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia.

O presente estudo tem como objetivo principal avaliar a maturidade de I4.0 na empresa Planimolde por comparação com a média das empresas nacionais que responderam ao estudo SHIFTo4.0. A Planimolde é uma empresa portuguesa, fundada em 1978, e que tem como objetivo a produção de moldes e peças de plástico de elevada qualidade. Foi a primeira empresa em Portugal a obter a certificação ISO 9000 e tem vindo ao longo dos anos a evoluir nas suas instalações e maquinaria para garantir a qualidade dos seus produtos e procurando sempre evoluir as suas tecnologias.

A escolha do tema I4.0 deve-se ao facto de ser um tema muito atual, e propiciar a aprendizagem de competências multidisciplinares e complementares à Gestão e Estratégia Industrial pelo facto de como a quarta revolução industrial indica transformar a maneira de planear, organizar e executar as operações de grande parte das organizações a nível mundial. Adicionalmente o facto de este ser um tema com grande potencial de transformação da competitividade industrial e de geração de novos produtos, novos negócios e novos serviços agregados a produtos existentes.

A indústria portuguesa de moldes foi o setor escolhido para realizar o presente estudo pelo facto de ser altamente reconhecida internacionalmente, destacando Portugal como um dos principais fabricantes de moldes do mundo, ao nível da sua elevada capacidade produtiva, apoiada em tecnologia de ponta e mão-de-obra especializada. O seu progresso deve-se essencialmente à sólida aposta na inovação e na alta intensidade tecnológica, com elevada capacidade de adaptação às necessidades dos seus clientes, bem como à competitiva relação entre a qualidade, o preço e os prazos de entrega (Aicep Portugal Global, 2019).

As questões de investigação serão três: (i) Qual o nível de maturidade de I4.0 das diferentes dimensões na Planimolde?; (ii) Quais as dimensões que a Planimolde tem como objetivo evoluir?; (iii) Qual o posicionamento, ao nível de maturidade de I4.0, da Planimolde face à média nacional?.

Relativamente à estrutura do trabalho, o segundo capítulo é dedicado à revisão bibliográfica da I4.0, dos modelos de maturidade de Indústria 4.0 em geral, do modelo utilizado como base do estudo, IMPULS, e da ferramenta usada para a avaliação da maturidade do setor, a SHIFTo4.0. No terceiro capítulo apresenta-se a metodologia. O quarto e último capítulo destina-se à análise e apresentação dos resultados, de modo a conseguir alcançar o objetivo final, fazer uma avaliação da maturidade ao nível da I4.0 do setor da Indústria dos Moldes, aplicando o estudo à empresa Planimolde.

O presente estudo pretende contribuir para que a Planimolde se consiga referenciar ao nível da I4.0, percebendo quais são áreas mais e menos evoluídas ao nível de competências e tecnologias adjacentes à I4.0, a um nível global e nas diferentes áreas internas. Os resultados deste estudo irão permitir à Planimolde dar um primeiro passo para integrar a I4.0 conhecendo o seu nível de maturidade para de futuro conseguir criar um plano consciente e eficiente para a sua evolução. A análise comparativa com outras empresas irá dar à Planimolde a perceção de como está o seu nível de integração face a empresas que atuam na mesma atividade e que concorrem ao nível da sua dimensão.

Os principais resultados do estudo apontam para um nível de preparação na integração à I4.0 da Planimolde bastante baixo. A Planimolde demonstra não ter competências adjacentes à I4.0 a um nível global e na maioria das suas áreas internas. A sua área operacional demonstra ser a melhor preparada.

Comparando com as empresas participantes do estudo usado na análise comparativa apresentam também estar a um nível inicial de integração ainda que a sua média apresenta estar melhor preparada que a Planimolde.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Indústria 4.0

No passado presenciamos três revoluções industriais que causaram grandes mudanças no mundo em geral. Na primeira revolução industrial introduziu-se maquinaria aos processos de produção industriais, o que proporcionou um profundo impacto na indústria. A introdução de tecnologias disruptivas originou substituição dos processos artesanais por elaborados processos de produção industrial, o que levou a alterações na forma de trabalhar do Homem, na organização das cadeias de valor e num aumento da capacidade produtiva que conseqüentemente despoletou um aumento na oferta e diversidade de trabalho (Hermann, Pentek, & Otto, 2016).

Com os avanços tecnológicos, através a introdução da energia elétrica, com os avanços nos modelos de produção e com o aparecimento da produção em massa nasce a segunda revolução industrial. Estes avanços permitiram uma aceleração da indústria e exploração de novos mercados, com o foco no uso da tecnologia na produção de equipamentos mais capacitados e com o foco operacional na produção em grande escala e na redução de tempos e custos de produção. Esta época marca o surgimento do fordismo. O fordismo constitui o sistema de produção associado ao seu criador, Henri Ford, que, na década de 1920, executou os princípios de racionalização do trabalho originários do taylorismo, mas organizando todo o processo em sequência contínua ou em cadeia. Este modelo de produção em massa que é o fordismo assenta no princípio básico do ritmo máximo de produção (Hermann, Pentek, & Otto, 2016).

A terceira revolução industrial, à semelhança da primeira revolução, acontece pelo aparecimento de tecnologias disruptivas. Constituindo-se como um processo de inovação tecnológica marcado por avanços significativos nas áreas da Informática, Robótica, Telecomunicações e pela criação de sistemas automatizados e informatizados que aumentaram a precisão e exatidão dos processos produtivos. Os modelos de produção foram alterados, exigindo, a adoção de tecnologia mais sofisticada e complexa, requerendo agora um menor número de recursos humanos, porém com crescente nível de qualificação (Rüttiman & Stöckli, 2016).

É através da terceira revolução que existe a relação para a quarta revolução industrial, ao impulsionar a utilização de tecnologias de informação de forma a automatizar as

diferentes áreas constituintes de uma organização, mas agora, recorrendo a sistemas inteligentes (Rüttiman & Stöckli, 2016).

A quarta revolução industrial, denominada por Indústria 4.0, é caracterizada pelos recentes avanços tecnológicos, onde a internet e as tecnologias de suporte, possibilitam a integração de objetos físicos, agentes humanos, máquinas inteligentes, linhas de produção e processos, além das fronteiras das organizações, para formar uma nova forma de cadeia de valor inteligente, integrada e ágil (Schumacher et al., 2016).

O conceito de I4.0 aparece uma primeira vez num artigo publicado pelo governo Alemão em Novembro de 2011, onde propiciou o início de um encadeamento de estratégias de tecnologias digitais de nova geração a serem concretizadas até 2020. Estratégias estas capazes de alterar inteiramente a organização das cadeias globais de valor (Schwab, 2016).

Este novo ciclo na indústria e no mundo caracteriza-se pela aplicação de tecnologias de última geração na digitalização dos processos das organizações e na troca de informação entre produtos e entre os constituintes das cadeias de valor e criando assim novos modelos de negócio, de modo a alavancar a produtividade, a diversidade e quantidade de informação à disposição.

“A Indústria 4.0 vem promover a digitalização e integração dos processos verticais, em toda a organização, desde o desenvolvimento do produto e compras, até à produção, logística e serviços. Toda a informação gerada acerca dos processos operacionais, eficiência e a gestão da qualidade, bem como o planeamento operacional estão disponíveis em tempo real, suportados por realidade aumentada e otimizada numa rede integrada. A integração horizontal estende-se para além das operações internas, desde os fornecedores aos consumidores e toda a restante cadeia de valor. Estão inerentes a este processo, a integração de dispositivos de planeamento e execução que fazem o controlo e rastreio dos processos em tempo real” (Geissbauer et al., 2016).

Chen & Xing (2015) definem que o conceito de Indústria 4.0 irá permitir às organizações trabalharem de uma forma mais inteligente e independente através do foco na digitalização dos seus recursos físicos, para que as mesmas se consigam integrar em ecossistemas digitais juntamente com os restantes constituintes da cadeia de valor.

Para Stock & Seliger (2016) concluem que para uma total integração num ambiente de I4.0 as organizações devem garantir a integração ao nível horizontal entre todos os

intervenientes da cadeia de valor, ao longo de todo o ciclo de vida do produto e ao nível vertical ao conectar todos os níveis internos das organizações.

2.1.1 Princípios da Indústria 4.0

A I4.0 tem como base da sua implementação a digitalização e integração de processos e elementos de uma organização ou de uma cadeia de valor através de tecnologias disruptivas. Para a implementação de uma estratégia deste nível são necessários ter por base os princípios base a serem considerados em qualquer abordagem à I4.0 (Khan et al., 2017):

- **Interoperabilidade:** A interoperabilidade é a capacidade de haver comunicação transparente entre sistemas. Este é um dos princípios primordiais da Indústria 4.0 pois é o que garante uma integração entre os elementos de uma cadeia de valor, tendo como recurso tecnologias como IoT e da Internet dos serviços (Hermann et al., 2016). A interoperabilidade é também um desafio na transição para esta nova era pela dificuldade existente de compatibilização de sistemas que usam tecnologias diferentes e pelo alto nível de cooperação exigida entre todos os elementos (Khan et al., 2017).
- **Descentralização:** A descentralização representa um dos princípios pois permite que sistemas de controlo, sistemas produtivos ou fases de processo possam operar de forma independente e paralela, mas sempre alinhados com os objetivos da organização (Gilchrist, 2016). Num contexto de I4.0 os sistemas de controlo monitorizam e trocam informação em tempo real tendo assim a capacidade de identificar, localizar, rastrear, monitorar e otimizar os processos de produção (Rojko, 2017). O conceito de descentralização cria um universo produtivo mais ágil e flexível do que os sistemas centralizados, mas tendo sempre em conta que a nível de rastreabilidade e de controlo é necessário ter a capacidade de ter uma visão em tempo real sobre todo o processo, organização e cadeia de valor (Luenendonk, 2017).
- **Capacidade em tempo real:** A capacidade de aquisição e análise de dados em tempo real é um princípio obrigatório e fundamental pois a maioria dos princípios dependem desta capacidade. Sendo um dos objetivos da I4.0 que a monitorização e controlo sejam feitos em tempo real é imperativo garantir que a informação

trocada seja o mais atual, para que a flexibilidade e dependência na prevenção e tomadas de decisão sejam o mais eficientes possível (Hermann et al., 2016).

- **Virtualização:** Este princípio está relacionado com a digitalização e simulação de ambientes físicos de uma cadeia de valor ou organização. Tem a capacidade de monitorizar objetos e processos físicos e também de simular e criar virtualmente uma cópia do mundo físico (Hermann et al., 2016). A virtualização nasce com o conceito de *Digital Twin*, que se baseia na aquisição de dados sensórias do mundo físico e na utilização dos mesmos em modelos ou simulações virtuais dos processos que estes são constituintes (Moreno et al., 2017). Este princípio permite a antecipação de falhas e otimização dos processos sem que aja alterações físicas e é realizada isoladamente sem interromper fisicamente os processos reais (Gilchrist, 2016).
- **Modularidade:** A modularidade nasce para colmatar a velocidade de mudanças e na crescente customização de produtos imposta pelos consumidores. Devido os estes requisitos a modularidade visa criar processos produtivos mais ágeis e flexíveis que possam reagir às mudanças rápidas e às alterações das características dos produtos. Esta flexibilidade é possível visto que um sistema modular é constituído por vários módulos independentes habilitando assim a fácil e rápida reorganização de sistemas produtivos com a adição ou remoção destes módulos entre si (Hermann et al., 2016)
- **Orientação a serviço:** Este princípio está inteiramente relacionado à tecnologia da Internet dos Serviços e que usando toda a infraestrutura produtiva disponibiliza serviços que possam ser usados por todos os intervenientes da cadeia de valor. Com a necessidade de criação de produtos cada vez mais customizados às necessidades de cada cliente, a internet dos serviços, possibilita a ligação entre todos os constituintes de uma rede produtiva (Hermann et al., 2016). Deste modo as organizações têm ao seu dispor uma maior flexibilidade e ferramentas dedicadas à integração organizacional (Soriano et al., 2013).

2.1.2 Tecnologias da indústria 4.0

A distância entre o mundo real e o mundo virtual é cada vez menor. O mundo virtual é composto por diversas redes que servem de interface entre as tecnologias digitais e a componente física.

Na I4.0 as tecnologias são consideradas vitais, uma vez que a interconexão exigida tem como base o uso de *softwares*, sensores, processadores e tecnologias de comunicação (Bahrin et al., 2016).

Estas tecnologias emergentes vão permitir às organizações que se integrem na I4.0 manter a competitividade. A integração de o físico e do digital é um dos principais objetivos da I4.0 e é possível através da formação dos Sistemas Ciberfísicos (*Cyber-Physical Systems*). Sistemas estes que integram digitalmente a componente física das organizações em ecossistemas digitais (Kagermann et al., 2013). Este conceito permite a criação de processos e sistemas inteligentes com capacidade de comunicação em tempo real entre os elementos da cadeia de valor, sempre com o objetivo de serem ágeis na adaptação às diversas condições (Chen Y. , 2017).

O principal foco está na convergência das tecnologias, com o propósito de se conseguirem produtos e sistemas inteligentes com capacidade de computação, comunicação, controle, autonomia e socialização (Wang et al., 2016).

Na descrição de I4.0 estão a si associadas diversas tecnologias habilitadoras em que se destacam as seguintes 9 tecnologias.

- **Big Data e Análise:** Agrega tecnologias que promovem a recolha e armazenamento de todos os dados importantes para os processos das organizações e permitem que os dados sejam analisados em tempo real ou quando necessário (Bahrin et al., 2016). As empresas perceberam que os recursos de análise de dados são essenciais para se alcançar a vantagem competitiva na era da digitalização. A tecnologia *Big Data* é amplamente usada para monitorizar processos, e por consequência, é usado para a deteção e antecipação de falhas, dando suporte a novos recursos, como análise preditiva (Lee, Yoon, & Kim, 2017). É de se frisar que no conceito de I4.0 são usados unicamente dados importantes, com o objetivo de agregar mais valor aos processos, transformando os dados adquiridos em tomada de decisão inteligente e eficiente.
- **Realidade Aumentada e Virtual:** A realidade aumentada é uma tecnologia criada para facilitar a interação entre os ambientes de produção e os seus operadores, auxiliando-os através de informação em formato digital destacam que a realidade aumentada é essencial na transferência de informação do mundo digital para o mundo físico de forma a facilitar as operações. A tecnologia da

realidade virtual representa o lado físico das operações e processos no digital através de simulações e interações avançadas dos processos físicos em cenários criados digitalmente. Com o objetivo de desenvolvimento dos processos, otimização das soluções geradas e formação de operadores (Romero et al., 2016).

- **Internet das Coisas (IoT):** A IoT é conceito de computação que contempla comunicação entre objetos por meio da internet. Na I4.0, a IoT promove a conexão entre objetos físicos com o objetivo de criar uma rede onde se trocam dados entre dispositivos e serviços inteligentes para análise e tomada de decisão nas organizações. Com o desenvolvimento da IoT nasce a internet dos serviços, que é uma abordagem semelhante, substituindo o uso de objetos por serviços. Estas tecnologias dão asas a novos desafios e oportunidades, dado o facto que toda a conexão existente entre objetos na IoT faz com que se criem serviços de valor à ótica do cliente. A IoT é uma tecnologia fundamental para a criação de Sistemas Ciberfísicos (Hermann et al., 2016).
- **Simulação:** Operações e processos são o foco de uso da simulação, pelo facto de se usar toda a informação disponível em tempo real com o objetivo de se espalhar todo o espaço físico num modelo virtual, incluindo humanos, produtos e máquinas (Rüssmann et al., 2015). Com a virtualização de processos é gerado um ambiente de produção mais sustentável e com processos e sistemas mais otimizados, já que é possível analisar o impacto de diversas alterações nos sistemas e avaliar os seus resultados (Weyer et al., 2016). Através das simulações da tomada de decisão pode ser mais correta e realizada de uma maneira sustentável, fácil e rápida (Schuh et al., 2014).
- **Integração de Sistemas:** Os sistemas de informação devem facilitar a integração e comunicação no interior da empresa e entre empresas (União Europeia, 2017). A I4.0 é caracterizada por três dimensões ao nível da integração de sistemas, a integração vertical, horizontal na cadeia de valor e a engenharia de ponta-a-ponta durante o ciclo de vida do produto (Stock & Seliger, 2016). A integração vertical diz respeito à integração dos processos e sistemas de todos os níveis hierárquicos dentro de uma organização (Modelo de Avaliação de Maturidade Indústria 4.0- Manual do Utilizador-CotecPortugal). Através de tecnologias de informação e comunicação a I4.0 possibilita a integração de sistemas dos diferentes níveis da organização, tornando os processos mais flexíveis e com uma maior rapidez de

reconfiguração devido à informação do processo obtida em tempo real (Schlaepfer & Koch, 2015). Num contexto de I4.0 a integração horizontal é alcançada por intermédio da utilização das novas tecnologias, integrando os processos e sistemas da organização com os restantes intervenientes da cadeia de valor, passando por fornecedores, parceiros e clientes (Modelo de Avaliação de Maturidade Indústria 4.0-Manual do Utilizador-CotecPortugal). Proporciona ainda visibilidade e transparência sobre toda a informação da cadeia de valor, fazendo assim com que a colaboração entre a organização e os seus parceiros, fornecedores e clientes aumente com a troca de informação dos seus respetivos processos e sistemas. Originando assim às redes de cadeias de valor globais (Schlaepfer & Koch, 2015). A integração de engenharia de ponta-a-ponta, ou integração digital da cadeia de valor, é habilitada pelo alcance da integração vertical e horizontal dado que é necessário a recolha de informações do produto ao longo do seu ciclo de vida (Shrouf et al., 2014).

- **Computação em nuvem:** A computação em nuvem permite que haja a automação e integração dos diversos sistemas e processos, contribuindo para uma visão e gestão geral da organização. O acesso e armazenamento de dados é assim facilitado (Candel-Haug et al., 2016).
- **Produção Aditiva:** Conhecida também por impressão 3D, permite a produção de protótipos, bens personalizados por clientes e peças com geometrias complexas que até ao aparecimento desta tecnologia não era possível serem produzidos pelos métodos tradicionais (Frazier, 2014). Com a evolução desta tecnologia é previsto um aumento de velocidade e precisão de impressão que permitirá uma produção em larga escala (União Europeia , 2017).
- **Cibersegurança:** Permite que a organização elabore estratégias de proteção de dados assentes em tecnologias de Cibersegurança, com o objetivo de proteger os seus sistemas, processos, redes, equipamentos e dados (Modelo de Avaliação de Maturidade Indústria 4.0-Manual do Utilizador-CotecPortugal). Num contexto de I4.0, estes tipos de tecnologias acabam por ser vitais na segurança dos sistemas e da informação, visto que um ataque aos mesmos pode causar danos à organização e aos seus parceiros de rede, revelar informações confidenciais e resultar num alto custo (Cho & Woo, 2017).

2.1.3 Impactos e Desafios

Na quarta revolução industrial é previsto que haja um grande impacto e altere a multivalência das organizações. A inclusão das tecnologias emergentes prevê uma melhoria nos processos produtivos, mas também requer um reajustamento do posicionamento das organizações na cadeia de valor, afetando todos os processos produtivos e organizacionais, o relacionamento entre todos os intervenientes da cadeia de valor, modelos de negócio, a engenharia de produtos, entre outros (Schuh et al., 2014).

Como em todas as revoluções industriais o principal objetivo é o aumento da produtividade, mas na quarta revolução industrial, através das tecnologias inovadoras, os objetivos estendem-se à melhoria da qualidade dos produtos e serviços, ao aumento de flexibilidade nos processos, na otimização de recursos e na automatização da tomada de decisão (Kagermann et al., 2013).

Ao falar de processos produtivos, a I4.0 combina as diferentes tecnologias para alcançar um grau de flexibilidade na produção tendo como objetivo alcançar a produção de lotes unitários. A este conceito é chamado Customização em Massa, algo que até então não era possível de uma forma rentável, mas que implementado permitirá às organizações fornecer soluções que vão ao encontro dos requisitos individuais de cada cliente (Prause & Atari, 2017). Assim o paradigma produtivo está focado na customização, inovação e no valor percebido pelo cliente dos produtos e serviços fornecidos (Pereira & Romero, 2017).

Ao analisar os impactos desta revolução nas organizações é feita a referência às novas competências exigidas aos colaboradores. As novas tecnologias aplicadas farão com que tarefas e funções rotineiras sejam substituídas por Sistemas Ciberfísicos, o que exige trabalhadores com habilidades específicas, de maior criatividade e com um grau de formação mais elevado (Lee et al., 2014). Com estas alterações especula-se que os colaboradores que exercem trabalhos mais rotineiros sejam substituídos por sistemas autónomos, mas também um aumento de emprego com o aparecimento de novas profissões e áreas de negócio. A criação de novas profissões e áreas de negócio possibilitam o aparecimento de novas pequena e médias empresas aumentando assim a competitividade (Schwab, 2017).

Todos os impactos e benefícios esperados na adoção de estratégias de modernização para a competitividade exigem novos desafios às organizações (Kagermann et al., 2013).

Um dos primeiros desafios esperados é a resistência à mudança por parte dos colaboradores das organizações, sendo que para que seja bem-sucedido é necessário que a gestão destes processos de mudança passe pela elaboração de planos de implementação adequados a cada empresa e que numa fase inicial capacitem todos os membros para a mudança (Barros et al., 2017).

Na preparação das organizações para a mudança surge o desafio ao nível de investimentos em recursos humanos. Este desafio exige que as organizações contratem profissionais especializados e que requalifiquem os seus atuais trabalhadores para que sejam capazes de lidar com as novas tendências tecnológicas e para que os seus gestores sejam capazes de liderar e criar estratégias enquadradas às exigências da I4.0. Numa fase inicial a formação tecnológica vai possibilitar a criação de um grau de preparação que vai alavancar as necessidades de competitividade (Manyika, et al., 2015). Os governos serão também afetados por este desafio ao terem que reformular o sistema educativo e formativo para que e os futuros e atuais trabalhadores sejam capazes de adquirir as competências exigidas pelas futuras necessidades do mercado (Maresova et al., 2018).

Para além do investimento em recursos humanos umas das adversidades que as organizações terão que enfrentar é o elevado investimento financeiro que a mudança para este paradigma exige. As empresas com maior desenvolvimento tecnológico e com maior poder económico serão as menos afetadas e as que estão melhor posicionadas para terem um retorno face ao investimento num espaço de tempo mais curto (Geissbauer et al., 2016). Assim as Pequenas e Médias Empresas (PME) serão as mais afetadas e terão que analisar de uma forma mais cautelosa e consciente as suas estratégias de investimento e de que forma podem reconverter os seus recursos para que os mesmos sejam uteis para um contexto de I4.0, sem comprometer a sustentabilidade e competitividade da organização (Müller et al., 2018).

Apontado como um grande desafio na implementação da I4.0 é a criação de *standards* que permitam a interoperabilidade entre sistemas, processos e constituintes da cadeia de valor (Khan & Turowski, 2016). Para que tal aconteça é fundamental a adoção de uma arquitetura de referência composta por normas e padrões capazes de garantir uma comunicação ágil e eficaz entre todos os intervenientes (Müller et al., 2018). Sem esta conduta unificada de comunicação os sistemas das e entre as organizações não serão compatíveis, o que vai contra os princípios da I4.0 (European Parliament, 2017).

Ao se verificar o quão fundamental é garantir toda a comunicação entre os constituintes destas redes inovadoras nasce o desafio da cibersegurança. É de extrema importância garantir a segurança e confiabilidade dos sistemas e dos seus dados, de modo que os mesmos não sofram com ataques à propriedade intelectual, privacidade e dados pessoais, operabilidade, proteção ambiental e saúde e segurança dos trabalhadores (European Parliament, 2017).

2.1.4 Modelos de Maturidade para a Indústria 4.0

A adoção de tecnologias e o ganho dos seus benefícios são processos que levam bastante tempo para serem alcançados com sucesso. Diversos investigadores defendem que o facto das mudanças necessárias à adoção de novas tecnologias serem bastantes, como: ao nível de fabrico; de rede organizacional; de produtos; e de contacto com o cliente, são razões para ser necessário um longo período de tempo para que estas tecnologias estejam em pleno funcionamento (Qin et al., 2016).

Para o desenvolvimento de produtos e tendo em consideração todas as suas especificações, um modelo de maturidade tecnológica e de inovação pode ser útil na seleção das tecnologias e ferramentas a utilizar para o processo de fabrico (Oliveira & Kaminski, 2012).

Segundo Schumacher et al. (2016) os modelos de maturidade são utilizados como ferramenta para avaliar e comparar o nível de uma organização, ou processo, quanto ao seu estado atual em termos de maturidade em tecnologias e conceitos de I4.0. Este autor defende ainda que uma avaliação quanto ao nível de maturidade de uma empresa está relacionado com o estado interno e externo da mesma e que permite a aplicação de conceitos básicos da I4.0, como uma integração vertical (informação de diferentes níveis hierárquicos) e horizontal (relação entre a fábrica e toda a cadeia de valor externa) dos sistemas de produção.

Genericamente, os modelos de maturidade classificam, através de uma avaliação por níveis, o processo de desenvolvimento de maturidade de I4.0, tendo por base as pessoas, organizações, processos e as áreas estruturais de cada organização. O objetivo destes modelos passa pela mensuração e quantificação das atividades de modo a que as mesmas evoluam ao longo do tempo. Cada nível representa um ponto de partida para o planeamento e implementação na evolução para o seguinte nível de maturidade.

Os modelos para além de classificarem as empresas por um nível geral de maturidade de I4.0 também contemplam a avaliação de dimensões. Estas dimensões representam áreas específicas de diferentes domínios da I4.0. Alguns modelos caracterizam a sua avaliação ao nível da sub-dimensão.

As empresas ao terem conhecimento do seu nível de maturidade geral, e individualmente para cada dimensão avaliada, adquirem o conhecimento interno que pode ser usado para efetuarem análises e comparações com empresas concorrentes ou do mesmo ecossistema (*benchmarking*) e registar a sua evolução com vista a identificar pontos fortes, fracos e oportunidades de melhoria.

Os diferentes modelos de maturidade contemplam na sua avaliação os seus níveis e dimensões específicos, provenientes das suas próprias metodologias. Schumacher et al. (2016) desenvolveram o modelo de avaliação de maturidade I4.0 constituído por 9 dimensões: Estratégia, Liderança, Clientes, Produtos, Operações, Cultura, Pessoas, Governança e Tecnologia. Lichtblau et al. (2015), na criação do modelo IMPULS-VDMA, designam as seguintes 6 dimensões como fundamentais para a avaliação de maturidade de I4.0: Estratégia e organização, Fábricas inteligentes, Operações inteligentes, Produtos inteligentes, Serviços derivados de dados coletados e Força de trabalho.

Existem limitações nos modelos de maturidade, como por exemplo o facto de facilmente poder-se tornar obsoleto devido a alterações que ocorram nas condições organizacionais, como mudanças de comportamento ou mesmo tecnológicas, pelo que é muito importante existirem avaliações periódicas do modelo aplicado (Schumacher et al., 2016).

Segundo Donovan et al., (2016), os modelos de maturidade apresentam limitações na medição de domínios de conhecimento específicos da I4.0. Outras limitações apontadas pelos autores são a falta de precisão na avaliação, poucos fundamentos teóricos e a limitada documentação existente.

Com base no estudo de implementação da I4.0 em empresas alemãs do sector industrial, Lichtblau et al. (2015) concluíram que os principais obstáculos destas empresas foram, numa fase inicial, a dificuldade em perceber os reais benefícios económicos, a inexistência de conhecimento e recursos humanos especializados, a falta de standards e padrões e questões legais por resolver. Na fase de implementação, os

principais obstáculos foram o desconhecimento das necessidades do mercado, infraestruturas TI com falta de capacidade, a falta de recursos financeiros para suprimir os investimentos necessários, burocracias e regulamentação e a inercia para a integração dos recursos humanos nesta nova era da digitalização.

A transformação para uma I4.0 provoca uma mudança na forma como são feitos os negócios, na sua gestão e no seu método de criação de valor. Este é um conceito altamente importante que requer a existência de suporte administrativo e de financiamento capaz de fazer face aos diferentes projetos e investimentos. É necessário que haja uma perspetiva ampla sobre a estratégia, a organização, as operações e os mais diversos produtos da empresa.

2.1.4.1 IMPULS

O modelo de maturidade de I4.0 IMPULS foi desenvolvido pela Associação de Fabricantes de Máquinas da Alemanha (através da Fundação IMPULS), com o apoio de empresas representativas do setor industrial alemão e instituições de pesquisa, como a IW Consult e pelo Institute for Industrial Management (FIR). Foi através da realização de um estudo sobre a preparação das empresas para a transformação na I4.0 que foi criada uma ferramenta online que permite que as empresas se autoavaliem.

Este modelo pretende que haja uma avaliação fundada e detalhada em cada uma das dimensões em análise, propondo ações de melhoria para cada nível de classificação de cada umas destas dimensões.

O modelo de maturidade IMPULS é segmentado em 6 dimensões e 18 áreas associadas às respetivas dimensões. Estas dimensões são apresentadas como pilares da I4.0 e as 18 áreas associadas pretendem um maior detalhe e rigor das mesmas.

Tabela 2.2.1 - Dimensões e áreas associadas do modelo de maturidade IMPULS.

Dimensões	Áreas associadas
Estratégia e organização	Estratégia
	Investimentos
	Gestão da Inovação
Fábrica inteligente	Modelação Digital
	Infraestrutura de equipamentos
	Uso de dados
	Sistemas TI

Operações inteligentes	Uso de Nuvem
	Segurança TI
	Processos Autônomos
	Partilha de informação
Produtos inteligentes	Análise de dados em fase de uso
	Funcionalidades adicionais de TI
Serviços orientados a dados	Partilha de dados usados
	Participação das receitas
	Serviços orientados a dados
Colaboradores	Aquisição de competências
	Competências dos colaboradores

Fonte: Elaboração Própria, Adaptado de Lichtblau et al., (2015).

A avaliação resultante das respostas ao questionário que este modelo de maturidade contempla classificação de cada uma destas dimensões em 6 possíveis níveis. O que define o nível de cada dimensão será o menor nível alcançado pelas áreas associadas à respetiva dimensão.

Com a classificação das diferentes dimensões é feita a caracterização geral da empresa ao nível da I4.0 através de 6 níveis de avaliação, nível 0 “*Outsider*”, nível 1 “*Beginner*”, nível 2 “*Intermediate*”, nível 3 “*Experienced*”, nível 4 “*Expert*” e nível 5 “*Top performer*” e são caracterizados como:

- **Nível 0 “*Outsider*”:** Empresa que não possui capacidades e conhecimento de I4.0.
- **Nível 1 “*Beginner*”:** Empresa que já tem alguns projetos piloto em curso em algumas áreas e alguns investimentos. São poucos os processos produtivos que são apoiados por sistemas TI. Ao nível da segurança TI está pouco desenvolvida ou em fase de planeamento. Apresenta pouca interoperabilidade entre os sistemas internos e ainda está longe de garantir os requisitos para uma integração na I4.0.
- **Nível 2 “*Intermediate*”:** Empresa a nível estratégico está numa fase inicial de implementação e avaliação dos conceitos de I4.0. Já apresenta investimentos consideráveis nas suas diferentes áreas. Apresenta alguma qualificação de I4.0 nos seus colaboradores e algum conhecimento da I4.0. As suas infraestruturas de equipamentos ainda não cumprem os requisitos exigidos. Existe a partilha de informação entre alguns dos diferentes sistemas internos, mas não existe entre a cadeia de valor. A segurança de TI é adequada para a digitalização. Está preparada para iniciar o processo de integração na I4.0.

- **Nível 3 “*Experienced*”**: A empresa já tem uma estratégia de integração na I4.0 formulada, apresenta bastantes investimentos e promove a introdução da I4.0 nas diferentes áreas. Os sistemas de produção e de TI estão conectados e garantem o processo produtivo como a partilha de dados automaticamente. A partilha de informação interna e externa está parcialmente integrada. Os serviços baseados em dados representam uma pequena parte da receita. Já foram feitos grandes esforços na expansão do conhecimento e competências de I4.0 dos colaboradores.
- **Nível 4 “*Expert*”**: A empresa é uma especialista a usar uma estratégia de I4.0 e controla os indicadores chave. Tem investimentos em quase todas as áreas associadas á I4.0. Os seus sistemas suportam os processos produtivos, recolhem dados chave, usando os mesmo para melhoria continua dos seus processos. A partilha de informação interna e entre parceiros da cadeia de valor é real e com a garantia das soluções de segurança de TI implementadas. Os seus produtos apresentam novas funcionalidades suportadas em TIC que permitem a recolha de dados. Os serviços baseados em dados representam uma pequena parte da receita, mas com integração direta entre cliente e produtor. Na maioria das suas áreas a empresa possui as competências exigidas para garantir um grau elevado de maturidade.
- **Nível 5 “*Top performer*”**: A empresa está no nível máximo de implementação da sua estratégia de I4.0 e controla totalmente a sua implementação. O seu sistema de TI tem um suporte total na produção e recolhe os dados chave de forma automática. A sua infraestrutura de equipamentos, capacidade dos seus colaboradores, segurança TI satisfaz todos os requisitos exigidos pela I4.0. A partilha de informação internamente e entre os parceiros da cadeia de valor existe e está totalmente integrada. Os seus processos de produção são ajustados automaticamente, modulares e permitem a diversificação nos produtos a produzir. Os seus produtos apresentam novas funcionalidades suportadas em TIC, usando os dados recolhidos para melhoramento de outras áreas da empresa. Os serviços baseados em dados representam parte significativa da receita. A empresa possui o conhecimento de I4.0 necessário em todas as áreas pilar da I4.0.

No modelo de maturidade IMPULS existe ainda uma classificação das empresas por agrupamentos dos níveis de classificação geral. As empresas que obtém o nível 0 ou 1

são classificadas como “*Newcomers*”, as que obtêm o nível 2 como “*Learners*” e as que obtêm os níveis 3, 4 ou 5 são classificadas como “*Leaders*”.

Para calcular a classificação global das empresas o modelo de maturidade distribui diferentes percentagens a cada dimensão. A ponderação de cada dimensão foi distribuída com a dimensão Estratégia e organização a pesar 25%, a Fábrica inteligente com 14%, Operações inteligentes 10%, Produtos inteligentes 19%, Serviços orientados a dados 14% e Colaboradores com 18%.

Esta distribuição foi resultante de um estudo de empresas do sector industrial o que o modelo referencia que pode não ser aplicável a estudos de empresas de outros sectores.

Os autores como Schumacher, et al. (2016) defendem que, dado a sua estrutura clara e transparente, este é o melhor modelo em fundamentação científica.

2.1.4.2 SHIFTo4.0

A ferramenta SHIFTo4.0 tem por base o modelo de maturidade de I4.0 IMPULS. O ISQ desenvolveu a ferramenta SHIFTo4.0 que se distingue essencialmente por alterações no questionário e no foco mais generalizado, procurando fazer a adaptação à realidade portuguesa.

Esta ferramenta, ainda que siga os princípios base do modelo conceptual do modelo de maturidade IMPULS, apresenta a diferença de numa fase inicial do seu questionário, perceber se a empresa que está a responder tem produtos produzidos por si ou se a sua produção é realizada internamente numa infraestrutura da mesma. Caso ambas as questões sejam respondidas de forma negativa esta ferramenta elimina as dimensões de Produtos Inteligentes e Fábrica Inteligentes.

O SHIFTo4.0, ao ser composta por um questionário e um relatório resultante online, potencializa a que mais empresas se autoavaliem e, conseqüentemente, um maior conhecimento da maturidade da I4.0 e a comparação a diferentes níveis entre as empresas, possibilitando *benchmark*.

É pretendido que esta ferramenta traga uma visão maior dos conceitos, para apoiar mais de perto a realidade dos negócios. A mesma realça os marcos desafiantes que as empresas precisam de transpor para continuar no caminho da transformação para a I4.0.

3. METODOLOGIA

3.1 Etapas Metodológicas

Após a fase exploratória de revisão da literatura existente acerca do tema em estudo deve ser definida a problemática, ou seja, a questão que é pretendida investigar (Quivy & Campenhoudt, 2008). Com este estudo procura-se avaliar a maturidade de implementação das tecnologias e conceitos relacionados com a I4.0 no caso concreto da empresa Planimolde, a fim de identificar o estágio atual de maturidade e as áreas internas mais desenvolvidas assim como as mais primárias.

Segundo Yin (2018) o estudo de caso deve ser aplicado a investigações que pretendem compreender um fenómeno ou evento social. Este método de investigação é uma das estratégias mais comuns em diversas áreas como a gestão, a ciência política, a psicologia e a sociologia.

Através do estudo de caso pretende-se que seja compreendida a totalidade da situação em causa, ou seja, deve-se identificar e analisar várias dimensões para desse modo se construir uma teoria robusta e que explique a situação investigada. Ponte (2006) refere que o estudo de caso é composto por uma componente de investigação empírica num contexto real, isto significa que se trata de um contexto naturalista e no qual o investigador tem pouco controlo.

Maioritariamente o método de estudo de caso é analisado numa determinada área geográfica ou num número limitado de indivíduos como sendo os sujeitos em estudo. Nesta dissertação será feita uma análise comparativa de o caso de uma empresa portuguesa por comparação à situação média de 64 empresas nacionais que participaram no projeto piloto de Avaliação da Maturidade de I4.0 de Empresas Nacionais (ver anexo C – Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais).

Existem várias vantagens da aplicação de estudo de caso. Em primeira análise considera-se uma vantagem o facto de os dados serem analisados dentro do contexto em estudo (Yin, 1984), ou seja, tendo em consideração a situação concreta do caso a investigar. Outra vantagem neste tipo de estudos é que estes podem ser analisados por métodos quantitativos ou qualitativos (Block, 1986). Por fim é também considerado como vantagem o facto de cada estudo de caso poder ser não só explorado para descrever os

dados em causa na investigação concreta, mas também acabam por ser uma ajuda na explicação de complexidades adjacentes que se relacionem com estudos similares (Zaidah, 2003).

É também importante referir que existem, como em todos os tipos de abordagens, algumas desvantagens. Em primeiro lugar (Yin, 1984) diz que os estudos de caso são muitas vezes acusados de falta de rigor, uma vez que pode acontecer que o investigador seja tendencioso nas evidências e que isso influencie as suas conclusões. Em segundo lugar (Yin, 1984) refere a falta de base científica neste método de estudo, afirmando que não se deve generalizar a partir de um caso único. Por último é também apontado como uma desvantagem o facto de os estudos de caso serem frequentemente apontados como sendo bastante extensos e por isso mesmo podem-se tornar de difícil leitura (Yin, 1984).

De modo a alcançar o objetivo principal desta dissertação, apliquei um questionário com foco nas diferentes dimensões de valor formuladas para o estudo e referenciadas na literatura, prosseguindo com a análise comparativa da informação recolhida no questionário com um estudo da maturidade de indústria 4.0 realizado a 64 empresas nacionais (ver anexo C – Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais).

Segundo (Quivy & Campenhoudt, 2008) o inquérito por questionário efetua um conjunto de questões, que cumpram o objetivo do investigador, para que os inquiridos respondam relativamente à sua situação atual, aos seus conhecimentos, às suas opiniões, ou qualquer outro assunto que faça sentido para a investigação em causa.

Para a escolha deste método de estudo, foram primeiramente alvo de estudo diversos métodos e técnicas de investigação existentes. Considerando as vantagens e desvantagens bem como a natureza da investigação, a escolha recai sobre a utilização de um método qualitativo. Segundo (Ivens et al., 2016) o método qualitativo permite atingir um melhor desempenho ao nível do detalhe, quando comparado com a pesquisa quantitativa. A abordagem qualitativa é a mais recomendável para estudos, como o presente, uma vez que procura analisar as relações causais dos diversos fatores, atores em estudo e o resultado final (Voss et al., 2022).

No que concerne a um método de pesquisa qualitativo, este é feito através de observação direta, nomeadamente por questionário.

Para a realização do processo de recolha de informação será usada uma metodologia baseada na ferramenta SHIFTo4.0, um questionário de autodiagnóstico *online*. Esta ferramenta foi desenvolvida pelo ISQ e promovida pelo IAPMEI e pela UA no âmbito de um protocolo celebrado entre as 3 entidades, que tem como sua base conceptual o modelo de maturidade IMPULS. Deu-se assim origem a uma iniciativa voluntária, a que se juntaram outras entidades.

A ferramenta de autodiagnóstico SHIFTo4.0 é composta por um questionário que efetua o *input* dos dados necessários da empresa e de um relatório, ou *output*, que apresenta a sua classificação relativa à sua condição atual, tal como percebida e declarada nas respostas ao diagnóstico. Com base nesta classificação e objetivos definidos pela empresa, o relatório apresenta igualmente um conjunto de orientações sobre os próximos passos que a empresa deve desencadear ou desenvolver no sentido de lhe permitir atingir as condições que a tornem mais competitiva para a futura geração tecnológica.

Para a utilização de questionários *online*, (Umbach, 2004) apresenta várias vantagens, tais como: baixos custos; estruturação flexível; maior facilidade em analisar os dados; e maior controlo no envio de *emails* e receção de respostas.

Uma das características deste modelo de maturidade IMPULS é o seu foco no setor industrial e esta sua diferenciação foi uma das razões pela qual este foi o modelo selecionado para a presente investigação. Schumacher, et al. (2016) referiam ainda que este é o melhor modelo em fundamentação científica, uma vez que a sua estrutura é bastante clara e transparente.

3.2 Análise de dados

O propósito deste capítulo é enunciar as fases do processo que foram elaboradas de modo a chegar ao objetivo principal da presente dissertação, a avaliação de maturidade de implementação das tecnologias e conceitos relacionados com a I4.0 da Planimolde, a fim de que a mesma possa identificar o estágio atual de maturidade e as suas áreas internas mais desenvolvidas e as mais primárias e evidenciar tendências para possíveis limitações ou melhorias à integração na I4.0.

Para recolha de informação da Planimolde será feito um questionário, assente nas diferentes dimensões de valor formuladas para o estudo e identificadas na revisão de literatura.

Foram alvo de estudo diversos métodos e técnicas de investigação existentes, considerando as vantagens e desvantagens bem como a natureza da investigação, e a escolha recai sobre a utilização de um método qualitativo.

Para a recolha das respostas ao questionário, efetuou-se o contacto com a Planimolde e foram debatidas as principais motivações para a sua participação neste estudo. Após a aceitação da Planimolde, foi enviado do *link* de acesso à ferramenta Shifto4.0 com a requisição que o preenchimento do questionário fosse realizado por um colaborador com um amplo conhecimento interno da Planimolde e com interface à gestão de topo.

Finalizou-se com o devido preenchimento do questionário por parte da Planimolde, sendo o responsável pelo preenchimento um colaborador que exerce um cargo ligado à gestão intermédia/direção intermédia.

Após a recolha dos dados relativos ao estado atual de maturidade da Planimolde (anexo D - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 da Planimolde), no que diz respeito à implementação das tecnologias e conceitos relacionados com a I4.0, foi feita uma análise à totalidade das respostas dadas para as diferentes dimensões em estudo.

Cada uma das dimensões em análise será detalhada por comparação com a situação média nacional de modo a compreender se a Planimolde está numa situação igualitária ao comum das empresas Portuguesas ou se, por outro lado, se encontra num estado muito diferente do que se verifica atualmente no território nacional.

O SHIFTo4.0 é um modelo de maturidade baseado na análise de 6 dimensões de estudo:

- **Estratégia e organização:** Avalia o estado de implementação relativo à estratégia da empresa.
- **Fábrica inteligente:** Procura analisar o nível de produção integrada de forma digital e automatizada.
- **Operações inteligentes:** Mede a capacidade dos processos e produtos serem controlados através e sistemas e algoritmos.
- **Produtos inteligentes:** Avalia o nível de controlo efetuado através de TI.
- **Serviços baseados em dados:** Verifica qual o nível de capacidade da empresa criar novos serviços/produtos através dos seus dados.

- **Recursos humanos:** Avalia o nível de conhecimento do capital humano relativamente a I4.0 e as suas competências de implementação dos seus conceitos.

Cada uma das dimensões é dividida em temas específicos, num total de 18 temas (anexo A), que se destacam como sendo as variáveis em estudo.

Para cada um dos temas existe um mínimo de requisitos que têm de ser observados e consoante esses requisitos é atribuído determinado nível a cada uma das 6 dimensões. O cálculo do nível de maturidade para cada dimensão é feito através da menor classificação obtida no total dos temas que completam cada dimensão.

Por fim, após a atribuição de um nível de maturidade para cada dimensão, é feita a média ponderada das classificações das diferentes dimensões com os seguintes pesos: estratégia e organização - 25%; fábrica inteligente - 14%; operações inteligentes - 10%; produtos inteligentes - 19%; serviços baseados em dados - 14%; e recursos humanos - 18%.

O nível de maturidade atribuído à empresa inquirida varia entre o nível 0 (sem competências I4.0) e o nível 5 (executor de topo)

Com este estudo de caso pretende-se obter resposta às seguintes questões de investigação:

Q.1 – Qual o nível de maturidade de I4.0 das diferentes dimensões na Planimolde?

Q.2 - Quais as dimensões que a Planimolde tem como objetivo evoluir?

Q.3 - Qual o posicionamento, ao nível de maturidade de I4.0, da Planimolde face à média nacional?

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Qual o nível de maturidade de I4.0 das diferentes dimensões na Planimolde?

O resultado da ferramenta SHIFTo4.0 permite às empresas conhecerem a sua condição face aos requisitos exigidos nos conceitos e tecnologias da I4.0. Este resultando provem de uma avaliação a nível global e também nas diferentes dimensões que o modelo de maturidade estrutura.

A Planimolde, ao encontro da sua necessidade de ganhar orientação na sua jornada de digitalização, respondeu ao questionário da ferramenta SHIFTo4.0 e obteve uma avaliação global de 0.34, o que localiza a Planimolde no nível 0 de maturidade de I4.0 para o modelo basilar da análise.

AVALIAÇÃO GLOBAL

Na avaliação global, a sua empresa está no **nível 0**. Nas 6 dimensões analisadas, os níveis de maturidade i4.0 são os seguintes:



Figura 4.1.1 – Avaliação global da Planimolde

Fazendo uma macro avaliação das dimensões, é possível constatar que a dimensão mais evoluída é a Infraestrutura Inteligente, situando-se no nível “Intermédio” da escala de evolução referente às dimensões. As restantes dimensões, Estratégia e Organização,

Operações Inteligentes, Produtos Inteligentes, Serviços Baseados em Dados e Recursos Humanos, situam-se no nível "Sem competências", o que representa que todas estas dimensões não possuem competências de I4.0, à exceção da dimensão Produtos Inteligentes que obteve uma classificação nula por falta de resposta no relatório.

O relatório em análise apresenta também a avaliação mais detalhada de cada dimensão e dos seus respetivos temas.

Dimensão	Tema	Nível
Estratégia e Organização	Estratégia	0
	Investimentos	0
	Gestão da Inovação	0
Infraestrutura Inteligente	Infraestrutura de equipamento	2
	Modelos Digitais	4
	Dados	2
	Sistemas TI	2
Operações Inteligentes	Partilha de informação	0
	Processos autónomos	0
	Segurança TI	0
	Cloud	0
Produtos Inteligentes	Funcionalidades TIC	0
	Análise de Dados	0
Serviços Baseados em Dados	Serviços Baseados em dados	0
	Fonte de Receita	0
	Nível de Utilização	0
Recursos Humanos	Competências Existentes	0
	Aquisição de Competências	0

Figura 4.1.2 – Avaliação por temas, de cada dimensão, da Planimolde

Estratégia e Organização

A dimensão referente obteve a classificação de nível 0, com os seus temas constituintes, Estratégia, Investimentos e Gestão da Inovação, a obter o mesmo nível de avaliação. Demonstrando que atualmente a empresa não está a investir na I4.0 ao nível da Estratégia e Organização.

No tema da Estratégia, o relatório confere que a Planimolde apresenta a implementação da estratégia I4.0 em desenvolvimento, mas não nitidamente delineada. Nos Investimentos, é possível analisar que as áreas das Infraestruturas e Produção é o foco de aplicação dos investimentos e que as restantes áreas essenciais para aplicação da estratégia I4.0, Investigação & Desenvolvimento, Compras, Vendas, Serviços e TI, apresentam investimentos pequenos. A Gestão da Inovação não é aplicada a nenhuma área da Estratégia e Organização da Planimolde.

Infraestruturas Inteligentes

Esta dimensão é constituída e avaliada pelo estado atual da Planimolde nos temas, Modelos digitais com o nível 4 e Infraestruturas de equipamento, Dados e Sistemas TI como o nível 2, obtendo uma classificação geral de nível 2. Sendo a dimensão com melhor classificação, é possível perceber qual o foco dos investimentos e inovação, adicionando o facto de que se trata de uma empresa que se insere no sector da indústria transformadora.

Ao nível da Infraestrutura dos Equipamentos, a Planimolde dispõe de alguns equipamentos com a capacidade de serem configurados e controlados através de TI, e que disponibilizam comunicação Máquina para Máquina (M2M) e Interoperabilidade através da integração e colaboração com outras máquinas ou sistemas. Na modelação digital, a recolha de dados gerados por equipamentos ou processos já acontece, mas principalmente através de processos manuais. A informação recolhida é usada para Gestão da qualidade e controlo de processos em tempo real.

Operações Inteligentes

A dimensão referente obteve a classificação de nível 0, com os seus temas constituintes, Partilha de informação, Processos autónomos, Segurança TI e Cloud, a obter o mesmo nível de avaliação.

O relatório demonstra que a partilha e troca de informação de forma estratégica é quase inexistente na Planimolde. A informação é partilhada mais ao nível da produção/campo e compras, com os clientes e fornecedores ainda não integrarem nenhum sistema central para partilha de informação. Na Planimolde, os casos de processos autónomos e casos em que é possível reajustar o processo em condições operacionais só ainda existem em áreas específicas. Os serviços de TI são contratados a um fornecedor externo, sendo que as áreas de Segurança TI e Cloud ainda não foram alvo de investimento e inovação por parte da Planimolde.

Produtos Inteligentes

Devido à falta de resposta da Planimolde às questões referentes à dimensão Produtos Inteligentes não é possível concluir qual o nível de maturidade em que a mesma se integra, nem perceber quais as evoluções que se perspetivam.

Serviços Baseados em Dados

Serviços Baseados em Dados é mais uma dimensão que obteve a classificação de nível 0, com os seus temas constituintes a obter o mesmo nível de avaliação, Serviços Baseados em Dados, Fonte de Receita e Nível de Utilização.

A Planimolde revela que neste momento os serviços baseados em dados não têm qualquer importância nas receitas e estratégia da empresa e que os poucos dados recolhidos não são usados para gerar novos serviços favoráveis à sua integração digital.

Recursos Humanos

A dimensão referente obteve a classificação de nível 0, com os seus temas constituintes a obter o mesmo nível de avaliação.

Na dimensão dos Recursos Humanos, a Planimolde avaliou as competências dos seus recursos quanto aos requisitos da I4.0 e demonstrou que a competência de Desenvolvimento ou aplicação de sistemas de apoio e a de *Software* Colaborativo não têm relevância e que as Competências não técnicas tais como pensamento sistémico e entendimento do processo são inexistentes. Mais envolvidas com o operacional, as

competências dos recursos da Planimolde em Infraestrutura TI e em Segurança de dados/segurança das comunicações foram avaliadas como adequadas, já as competências de Automação e Análise de dados foram avaliadas como existentes, mas insuficientes.

Neste momento, com a análise do relatório de avaliação da condição da Planimolde face aos requisitos necessários a uma integração digital na sua estratégia, é possível perceber quais as áreas onde houve mais investimento e evolução ou quais as áreas mais carenciadas.

Foi possível concluir que a Planimolde está numa fase inicial da sua integração à I4.0 sendo que foi classificada como “Sem Competência” pelo modelo de maturidade.

Relativamente às suas dimensões, o resultado da Planimolde demonstra que todas as dimensões neste momento não têm competências para integrar a I4.0, a não ser a dimensão Infraestrutura Inteligente que ao ser classificada como nível 2 demonstra estar preparada para iniciar o processo de integração à I4.0. Esta classificação da dimensão Infraestrutura Inteligente, vai ao encontro de Planimolde ter demonstrado nas respostas ao seu questionário do seu foco estar na Fabricação/Produção, quer a nível de investimentos quer a nível de prospeção de evolução. Este foco está relacionado por ser a dimensão que neste momento está diretamente relacionada com a receita da organização e pela falta de preparação para a integração à I4.0.

A partir deste ponto, é possível mapear as competências da Planimolde nas áreas pilar da I4.0, estando com esta informação mais dotada para planear uma estratégia de digitalização.

4.2 Quais as dimensões que a Planimolde tem como objetivo evoluir?

O relatório decorrente do resultado da ferramenta SHIFTo4.0 permite também perceber qual é o objetivo, num horizonte temporal de 5 anos, da Planimolde para cada dimensão do modelo de maturidade. Contemplando ainda orientações genéricas que as empresas possam evoluir do seu nível de maturidade atual para o nível futuro definido através dos seus objetivos. Estes objetivos traduzem-se na classificação que a Planimolde pretende alcançar no futuro em cada uma das suas dimensões, Serviços Baseados em Dados, Recursos Humanos, Estratégia e Organização, Infraestruturas Inteligentes e Operações Inteligentes.

Estratégia e Organização

Num horizonte temporal de 5 anos, a Planimolde define como objetivo alcançar o nível 5 na dimensão de Estratégia e Organização, definindo assim esta dimensão como a que se pretende investir mais sendo que é a única que a empresa pretende alcançar a classificação máxima. Mostrando a perceção da importância do envolvimento da Estratégia e Organização para a entrada na I4.0. Para que o objetivo seja alcançado a Planimolde terá que aumentar o seu nível de conhecimento sobre a I4.0 e desenvolver uma estratégia I4.0 da empresa e torna-la parte do processo estratégico da empresa.

Infraestruturas Inteligentes

Na dimensão Infraestruturas Inteligentes a Planimolde pretende alcançar o nível 4, sendo a segunda dimensão que se pretende evoluir mais no seu processo de digitalização. Para atingir este nível a Planimolde terá que ter máquinas capacitadas de controlo por TI e de se atualizar, e aumentar a integração e interoperabilidade entre máquinas e sistemas.

Operações Inteligentes

Ao nível das Operações Inteligentes, a Planimolde quer alcançar o nível 3 e para tal nos próximos 5 anos a partilha de informação entre sistemas e o reforço na Segurança TI são fundamentais.

Produtos Inteligentes

Devido à falta de resposta da Planimolde às questões referentes à dimensão Produtos Inteligentes não existe um objetivo para esta dimensão.

Serviços Baseados em Dados

A dimensão Serviços Baseados em Dados é a que a Planimolde tem como objetivo evoluir menos, pretendendo alcançar o nível 1. Neste caso o esforço para atingir o objetivo será menor, sendo que a Planimolde terá que começar por identificar áreas que sejam possível usar a potencialidade dos dados na criação de novos serviços e as áreas

com maior potencial de gerarem receita a partir de serviços baseados em dados. A criação de projetos piloto será uma ótima via de teste.

Recursos Humanos

Os Recursos Humanos são uma dimensão onde a Planimolde pretende investir e tem como objetivo atingir o nível 3. Sendo de extrema importância a empresa ter competências necessárias para a implementação de uma estratégia de I4.0, é necessário que a Planimolde invista nas competências dos seus colaboradores (Infraestrutura TI, tecnologia de automação, análise de dados, segurança de dados e comunicações, desenvolvimento e aplicação de sistemas de apoio ou *software* colaborativo) identificando as áreas onde existe falta de competências, ou estas são inadequadas e desenvolver um plano de ação a fim de ultrapassar esta limitação.

Comparando com a teoria presente na revisão de literatura o plano de evolução apresentado pela Planimolde demonstra ser racional. A escolha da dimensão Estratégia e Organização ser a dimensão que a Planimolde mais pretende evoluir mostra o sentido de necessidade de integrar a I4.0 na sua estratégia e no seu plano de investimentos. De seguida, a dimensão que a Planimolde mais pretende evoluir é a Infraestrutura Inteligente, que neste momento é a mais ligada à receita da empresa e como foi visto na revisão da literatura as empresas terão que estar bem preparadas a nível de competências na sua área operacional, mas os investimentos que serão necessários para integrar à I4.0 serão um desafio, o que demonstra uma lógica por detrás deste plano de evolução para esta dimensão. As dimensões Operações Inteligentes e Recursos Humanos são as últimas dimensões que a Planimolde destaca que quer evoluir que vai ao encontro da sua falta de competências a nível de recursos humanos e ao nível de incitar a integração entre todas as áreas da empresa.

Este plano da Planimolde ainda que racional não vai de encontro com os investimentos e foco previsto nas suas respostas ao questionário, pois o seu plano de investimentos recai sobre a área da Fabricação/Produção.

4.3 Qual o posicionamento, ao nível de maturidade de I4.0, da Planimolde face à média nacional?

Após a análise do nível de maturidade de I4.0 da Planimolde ao longo das diferentes dimensões é importante fazer a sua referenciação analisando outras empresas. Para tal, comparou-se a análise realizada à Planimolde com um estudo realizado a empresas portuguesas.

O estudo que serviu de base de comparação ao questionário dirigido à Planimolde tem uma amostra de 64 empresas, todas elas portuguesas. A maioria das empresas estão localizadas na região Centro, a segunda região com maior percentagem de participação é a região Norte e apenas 6% da representação está distribuída pelas regiões da Área Metropolitana de Lisboa, região do Alentejo e região do Algarve. Relativamente à dimensão das empresas participantes no estudo verificou-se uma maioria de PME, correspondendo a 76,6% do total da amostra, e as restantes participações (23,4%) foram de empresas classificadas como grandes empresas (ver capítulo “Caracterização da amostra das empresas participantes no estudo” Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais, página 12).

No que concerne aos setores de atividade das diversas empresas que englobam o grupo de participantes, verifica-se um destaque para o grupo da indústria transformadora e há também participação de empresas com atividades como a consultoria, a ciência e tantos outros serviços de fabricação de diferentes produtos.

A comparação entre o nível de maturidade da Planimolde e das empresas representadas no estudo realizou-se ao nível das dimensões analisadas no resultado da ferramenta SHIFTo4.0 visto que o modelo de maturidade presente é o mesmo.

Avaliação Global

Das 64 empresas participantes no exercício, observou-se um nível médio de maturidade de 1,47, o que corresponde ao nível 1. Os resultados demonstram um baixo nível de envolvimento com a I4.0 por parte das empresas, onde a Planimolde, com uma avaliação global (ponderada): 0,34 com atribuição do nível 0, apresenta estar abaixo da média do presente estudo. Das 64 empresas, 17 obtiveram também o nível 0 na sua classificação.

Observando o nível de maturidade por dimensão, micro, média e grande, todas as dimensões de empresas obtiveram a classificação de nível médio de 1, sendo que no valor médio global a micro obteve 1,62, a média 1,44 e a grande 1,43.

	Total	Micro	Média	Grande
Valor médio global (valores obtidos)	1.47	1,62	1,44	1,43
Nível médio (com valores finais arredondados a nível)	0.98	1,09	0,97	0,95

Figura 4.3.1 - “Tabela 3 - Avaliação global por dimensão de empresa” da secção “4.1 Resultados Globais” Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais

A Planimolde ao ser uma PME apresenta uma classificação inferior à média das médias empresas presentes no estudo.

De notar que 48,44% dos participantes no inquérito comparativo, tal como a Planimolde, já tinham projetos piloto a decorrer. Salientando que as empresas de média dimensão têm uma representatividade de 47,1% e as de grande dimensão de 68,4% (ver secção “4.2.1 Caracterização geral da empresa” Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais).

Estratégia e Organização

Tendo em conta a dimensão Estratégia e Organização, uma das 6 dimensões em análise, verifica-se que 26,6% das empresas estudadas lançaram algumas iniciativas piloto, 37,5% referem já ter a estratégia em desenvolvimento e, cerca de 20% responderam em como já têm a estratégia implementada. A Planimolde acompanha a média das empresas, sendo que a sua estratégia de I4.0 está ainda em desenvolvimento carecendo de melhorias ao nível da sua monitorização, uma vez que indicam ainda não existir nenhum tipo de monitorização implementada na empresa. O estudo comparativo indica que “existe motivação por parte dos gestores em integrar o ecossistema digital, mas, no geral, verifica-se que a estratégia I4.0 ainda não se encontra implementada”, indo ao encontro da realidade da Planimolde (anexo D – Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 da Planimolde).

As áreas onde a Planimolde fez um maior investimento nos últimos 2 anos foram de infraestrutura e produção, já o investimento em investigação e desenvolvimento não foi

tão significativo e a perspetiva para os 5 anos futuros é também de pouco investimento nesta área de I&D. Na média das empresas portuguesas os últimos 2 anos foram de nenhum ou pouco investimento em I&D e o maior investimento foi na área de produção/fabricação (60,9%).

	Nenhum ou pequeno (<1%)	Médio ou grande (>1%)
Investigação & Desenvolvimento	64,1	35,9
Produção/Fabricação	39,1	60,9
Compras	81,3	18,8
Vendas	81,3	18,8
Serviços	87,5	12,5
TI	59,4	40,6

Figura 4.3.2 - “Tabela 17 – Áreas onde houve investimento i4.0 nos últimos 2 anos” da secção “4.2.2 Estratégia e organização” Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais

E a perspetiva futura é também maioritariamente na área de produção/fabricação (71,9%).

	Nenhum ou pequeno: <1% do volume de negócios (0+)	Médio ou Grande Investimento anual Médio: >1% do volume de negócios
Investigação & Desenvolvimento	53,1	46,9
Produção/Fabricação	28,1	71,9
Compras	76,6	23,4
Vendas	65,6	34,4
Serviços	76,6	23,4
TI	53,1	46,9

Figura 4.3.3 - “Tabela 19 - Áreas onde planeiam investir em i4.0 nos próximos 5 anos” da secção “4.2.2 Estratégia e organização” Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais

Infraestruturas Inteligentes

No que diz respeito às infraestruturas inteligentes na média das empresas de Portugal verifica-se que existe uma maior propensão para a sua existência quanto maior é a dimensão das empresas.

Verifica-se que mais de metade das empresas portuguesas, participantes no estudo em análise, referem que os mecanismos M2M são relevantes e com capacidade de atualização, o mesmo se verifica na realidade da Planimolde.

Relativamente à recolha automática de dados da produção o estudo comparativo indica que, para as empresas que dizem efetuar recolha de dados, em pelo menos uma área é feita de forma digital. A Planimolde efetua a recolha de dados essencialmente de forma manual e utiliza esses dados principalmente para a gestão de qualidade e para o controlo automático de processos através da utilização de dados em tempo real. No modelo em análise a maior parte das empresas tem como finalidade da recolha dos dados a gestão da qualidade (65,6%).

Finalidade dos Dados	Total	Micro	Média	Grande
Criar transparência através do processo de produção	48,4	45,5	35,3	73,7
Gestão da qualidade	65,6	72,7	64,7	63,2
Otimização do processo logístico	42,2	45,5	35,3	52,6
Otimização do consumo de recursos (material, energia)	50	45,5	44,1	63,2
Manutenção preditiva	32,8	36,4	32,4	31,6
Controlo	42,2	36,4	26,5	73,7
<i>Não recolhe dados</i>	15,6	18,2	23,5	0

Figura 4.3.4 - “Tabela 26 – Finalidade dos dados recolhidos (modelo digital da fábrica)” da secção “4.2.3 Fábrica inteligente” Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais.

Operações Inteligentes

Para o bom funcionamento dos sistemas de informação é bastante relevante existir também uma forte utilização das operações inteligentes, de modo a permitir um fluxo de informação fluido e eficiente.

A partilha de informação na média das empresas portuguesas do estudo em análise é, em termos de análise de departamentos utilitários desta função, bastante forte na produção/fabricação seguindo-se as vendas, as compras e a logística. No que diz respeito à Planimolde as áreas onde se envolve a partilha interna no sistema central são também a produção/fabricação e as compras. Em contrapartida não existe nenhuma integração no sistema central da informação partilhada com o exterior, indo ao encontro da média

verificada no estudo comparativo que verifica uma parte significativa de empresas que indica não existir qualquer partilha de informação externa.

Relativamente à existência de controlo autónomo verifica-se coerência entre o estudo comparativo e a Planimolde, tendo em consideração que 29,7% das empresas portuguesas referem ter controlo autónomo em áreas selecionadas tal como é respondido no questionário efetuado à Planimolde.

	Total	Micro	Média	Grande
Sim, através de toda a empresa	1,6	9,1	0	0
Sim, mas só em áreas selecionadas	29,7	36,4	26,5	31,6
Sim, mas só em teste e fase piloto	12,5	9,1	11,8	15,8
Não	56,3	45,5	61,8	52,6

Figura 4.3.5 - “Tabela 31 – Experiência de casos de controlo autónomo de produtos através da cadeia de produção” da secção “4.2.4 Operações inteligentes” Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais

As soluções de segurança de TI implementadas são também um ponto coincidente nas duas realidades, verificando-se um maior foco na segurança no armazenamento interno de dados e na segurança das comunicações para troca interna de dados.

Produtos Inteligentes

Devido à falta de resposta da Planimolde às questões referentes à dimensão Produtos Inteligentes não é possível efetuar uma análise comparativa face à média nacional.

A análise efetuada à média nacional demonstra que uma grande percentagem (48,4%) não dispõe de qualquer funcionalidade TIC nos seus produtos e relativamente às empresas que dispõem de produtos com características TIC verifica-se que apenas uma pequena percentagem das mesmas (17,2%) analisa esses dados.

Produtos/serviços	Total	Micro	Média	Grande
Produtos com memória	10,9	18,2	5,9	15,8
Auto-informativos	12,5	27,3	5,9	15,8
Integração ...	10,9	18,2	5,9	15,8
Localização ..	6,3	9,1	2,9	10,5
Serviços de apoio	9,4	18,2	5,9	10,5
Monitorização	20,3	36,4	14,7	21,1
Informação do objeto	12,5	9,1	11,8	15,8
TI	17,2	27,3	14,7	15,8
Identificação automática	17,2	27,3	14,7	15,8
Não temos nenhuma funcionalidade TIC	48,4	45,5	55,9	36,8
Não apresenta 'Chão de Fábrica'	12,5	18,2	14,7	5,3

Figura 4.3.6 - “Tabela 36 – Produtos equipados com funcionalidades baseadas em TIC” da secção “4.2.5 Produtos inteligentes” Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais

Serviços Baseados em Dados

No que diz respeito a esta dimensão existe coerência entre a realidade da Planimolde e a média nacional. A Planimolde refere que os dados recolhidos ao longo do desenvolvimento dos seus produtos não permite o desenvolvimento de novos serviços, já na análise comparativa verifica-se que existem algumas empresas que têm esta capacidade (14,4%) mas efetivamente a maioria das empresas pertencentes a este estudo indicam que não integram os dados recolhidos no desenvolvimento de novos serviços.

	Total	Micro	Média	Grande
Sim, e estamos integrados com os nossos clientes	14,1	36,4	11,8	5,3
Sim, mas sem integração com os nossos clientes	20,3	27,3	26,5	5,3
Não	65,6	36,4	61,8	89,5

Figura 4.3.7 - “Tabela 39 – Integração de dados com vista à promoção de novos serviços” da secção “4.2.6 Serviços baseados em dados” Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais

Igualmente nas outras duas questões colocadas neste âmbito há um encontro de realidades onde se conclui que são ainda poucas as empresas que estão desenvolvidas na dimensão dos serviços baseados em dados. Este facto pode indicar que as empresas sentem receio na partilha dos dados e, portanto, deve ser uma área importante para desenvolvimento da I4.0.

Recursos Humanos

Relativamente aos recursos humanos identificam-se áreas onde a Planimolde se enquadra na média das 64 empresas de base de comparação, sendo elas a área de automação, análise de dados e segurança de dados/comunicações. Nestas áreas em ambas as análises verificam-se existir competências de RH quanto aos requisitos I4.0.

Por outro lado, existem áreas onde a Planimolde se encontra divergente face à média, em duas áreas a Planimolde refere não ser relevante as competências dos recursos humanos quanto aos requisitos de I4.0 - desenvolvimento ou aplicação de sistemas de apoio e software colaborativo- enquanto que a média nacional encontra-se maioritariamente a classificar estas duas áreas como adequadas e existentes, mas inadequadas, respetivamente.

Na infraestrutura TI a Planimolde indica ter recursos humanos com competências adequadas e a média nacional fica, quase dividida, entre a existência de competências mas inadequadas e o encontro com a resposta à empresa analisada (adequadas).

Por último, quanto às competências não técnicas tais como pensamento sistémico e entendimento do processo, existem mais de metade das empresas nacionais com competências existentes mas inadequadas fazendo o contraste com a Planimolde que refere que não existem essas competências nos seus recursos humanos.

Numa visão geral a Planimolde está menos preparado que a média das 64 empresas no estudo e do que as médias empresas, estas que são concorrentes a nível de dimensão com a Planimolde. A única dimensão que a Planimodel se destaca pela positiva é na dimensão Infraestrutura Inteligente que com o nível 2 está melhor preparada para a integração à I4.0 que o total das empresas e que as empresas médias que obtiveram respetivamente as classificações de 0,95 e 1,41.

Todas as empresas que integraram o estudo demonstraram estar numa fase inicial de integração à I4.0.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. Conclusões

Com o desenvolvimento da I4.0 têm vindo a ser cada vez mais estudados os benefícios da utilização desta nova era tecnológica, de modo a permitir que as empresas cheguem a melhores resultados tanto ao nível dos seus produtos/serviços como no que diz respeito aos seus resultados financeiros/económicos.

O objetivo final desta dissertação era compreender em que estado de maturidade de I4.0 se encontra a indústria portuguesa dos moldes através da análise concreta da empresa Planimolde, de modo a deixar, também, algumas recomendações de melhorias para a continuação da integração na I4.0 na procura de aumentar a produtividade e competitividade desta empresa face à sua concorrência.

Da análise comparativa foi perceptível que a Planimolde está numa fase ainda bastante inicial da implementação da I4.0 e existem já algumas empresas no mercado nacional que estão mais desenvolvidos, no entanto verificou-se que à semelhança da Planimolde há ainda um grande trabalho a desenvolver na maioria das empresas portuguesas na melhoria das diferentes dimensões estudadas.

A Planimolde até à data está mais evoluída na dimensão de Infraestrutura Inteligente, com classificação de nível 2, enquanto que a realidade das PME do estudo comparativo revela uma classificação de nível 0 nesta dimensão. Na média nacional a dimensão mais evoluída à data deste estudo eram as Operações Inteligentes com nível 3, o que significa que as empresas têm alguma segurança nos sistemas de TI e partilham dados tanto internamente como com o exterior.

Relativamente aos objetivos de evolução das dimensões de I4.0 que a Planimolde tem em vista num horizonte de 5 anos, demonstra um racional nas suas perspetivas face à revisão de literatura, mais não vai ao encontro com as suas respostas ao questionário que preveem unicamente investimentos e prospeção de evolução na área da Fabricação/Produção.

A última questão de investigação procurava perceber qual o posicionamento da Planimolde ao nível da maturidade de I4.0 face à média nacional e concluímos que a Planimolde está abaixo da média nacional, com uma classificação global de 0,34 o que corresponde ao nível 0 (Sem Competências), enquanto que a média nacional, apesar que

não estar muito mais acima na tabela tem uma classificação de nível 1,47 (Iniciado). Dentro da média nacional a melhor classificação foi de nível 3,41 e a pior classificação foi de nível 0,18. A um nível geral todas as empresas integrantes no estudo apresentam estar numa fase bastante inicial de integração à I4.0.

Com uma análise mais detalhada das respostas da Planimolde ao questionário é possível verificar falhas em algumas áreas basilares da I4.0. Segundo Lichtblau et al. (2015), é fundamental que as empresas que são classificadas com níveis baixos de maturidade necessitam de capacitar os seus recursos para a integração da I4.0, não só contratando colaboradores especializados e formando os já existentes, mas também integrarem tecnologias adjacentes à I4.0. A Planimolde demonstra no seu questionário que neste momento não está a desenvolver nenhum esforço para a aquisição das competências em falta e que não está planeada a contratação de técnicos essenciais ou consultores nem a reconversão de técnicos existentes para dar resposta à transformação digital. Tendo em conta que a sua avaliação demonstra que os seus recursos humanos não estão capacitados para implementar com sucesso a I4.0. e que a sua infraestrutura de equipamentos já apresenta interoperabilidade entre sistemas e comunicação com sistemas TI.

Acumulativamente à falta de capacidade anteriormente referida, é possível analisar na sua avaliação que a Planimolde não integra no seu projeto estratégico a I4.0 e que não existem investimentos no mesmo sentido. Recorrendo à revisão da literatura, nestas condições não será possível a Planimolde implementar com sucesso a I4.0 e ao mesmo tempo é perceptível a baixa classificação nas dimensões Operações inteligentes, Produtos inteligentes e Serviços baseados em dados. Sendo que estas dimensões são fruto da capacitação dos recursos e de uma primeira fase de implementação da integração na I4.0.

A dimensão Infraestruturas inteligentes é a dimensão mais evoluída neste nível, o que pode ser justificado pelo foco dos seus investimentos, dos recursos e infraestruturas mais desenvolvidos e da recolha de dados estarem na área operacional.

De modo a alcançar um melhor nível, a Planimolde deve procurar atingir os objetivos a que se propôs dentro do período temporal de 5 anos e continuar o trabalho de aumentar os conhecimentos sobre a I4.0. Para tal, a Planimolde deverá integrar a I4.0 no seu nível estratégico. Agora, com os seus objetivos definidos e conhecendo a sua maturidade nas diferentes dimensões, será mais fácil a criação de um plano de evolução gradual e realista.

Um ponto adquirido e chave para a integração à I4.0 é a recolha de informação dos seus processos e a capacidade de tratar esses mesmos dados. Seria imprudente a tentativa de recolha de toda a informação e a integração de todos os sistemas numa primeira fase deste tipo de integração de I4.0, não só pela verificada falta de capacidade de recursos humanos, consequentemente conhecimento, como pelo facto dos seus sistemas neste momento não estarem capacitados para este nível de integração, sendo isso visível no resultado da avaliação da Planimolde.

Numa primeira fase, a Planimolde terá que definir qual a área da sua estrutura organizacional planeia evoluir inicialmente e visto que, as suas infraestruturas de produção são as mais evoluídas neste momento e que é demonstrado que o foco está na produção, é um indicador que o setor operacional poderá ser a área de iniciação e investimento antes de haver uma evolução e integração das restantes áreas da empresa.

Para tal, a Planimolde terá que definir um plano para o envio, recolha e estruturação de dados do seu processo produtivo, pois poderá correr o risco de investir na troca de informação com o seu processo produtivo, na interoperabilidade entre as suas infraestruturas de produção, em recursos humanos e tecnologias adjacentes à I4.0 e no fim chegar à conclusão que a informação recolhida não é totalmente útil, haver falta de informação ou não haver coerência na informação trocada entre os elementos da sua infraestrutura de produção, o que poderá levar à necessidade de reinvestimentos ou desistência neste plano de integração de I4.0.

Após a criação do plano de troca e estruturação de dados é necessário criar condições para a implementação do mesmo. É essencial o investimento na contratação de recursos humanos especializados e dedicados às diferentes necessidades da I4.0 e requalificação dos recursos humanos já existentes, apostando na sua formação contemplando diferentes formas de aquisição de conhecimento através de *workshops* ou seminários que existem cada vez mais sobre as novas tecnologias e áreas de conhecimento da I4.0.

Ao nível da sua infraestrutura de produção, a Planimolde terá que adquirir novos sistemas ou máquinas e recapacitar as já existentes para que seja possível as mesmas extraírem a informação do seu processo produtivo de acordo com plano de troca e estruturação de dados e de uma forma que consigam garantir a interoperabilidade entre elas e outros sistemas, não sou ligado ao processo produtivo, mas também com outros sistemas de outras áreas da estrutura organizacional da empresa.

Com esta primeira fase de implementação, a Planimolde irá começar a ter muito mais informação de cada processo ao longo do seu processo produtivo, tal como na visão macro do mesmo. Adquirindo esta capacidade permite-lhe reconhecer os principais *bottlenecks*, fazer reconfigurações que trarão melhor eficiência e performance e uma redução nos recursos utilizados do seu setor operacional.

Após a conclusão bem-sucedida desta primeira fase de integração da I4.0, a Planimolde terá que efetuar o mesmo percurso nos restantes setores da sua estrutura organizacional, para que no futuro com a integração total realizada tenha a possibilidade de garantir que todas as suas operações são inteligentes. Adicionalmente, com esta integração interna mais inteligente, permitirá à empresa a melhoria contínua da sua eficiência e performance, não só na sua produção como também na redução de riscos de investimento e de consumos existentes por falta de conhecimento de todos os seus processos internos, a criação de novos produtos e serviços potencializados pelo conhecimento proveniente dos dados e estar preparada para um dia se integrar digitalmente com todos os seus parceiros da sua cadeia de valor.

5.2. Limitações

Esta investigação apresenta algumas limitações como o facto desta nova era industrial ser ainda bastante recente e por isso mesmo ainda não existirem muitos estudos onde se verifiquem exemplos que aplicabilidade real de níveis de maturidade mais líderes. Segundo a revisão de literatura, para a total integração da I4.0 é necessário as empresas se integrem a nível vertical e horizontal, o que exige não só integrarem as suas áreas internas mas também a integração com os seus parceiros das suas cadeias de valor.

5.3. Estudos Futuros

De futuro seria interessante se a análise progredisse para outras empresas do *cluster* da indústria dos moldes, aumentando dessa forma a comparação entre os vários concorrentes deste setor e até possibilidade de verificar os diferentes abordagens e métodos da aplicação da I4.0 neste tipo de empresas e assim obter maior conhecimento para um crescimento mais coeso e eficiente.

Dando continuidade ao presente estudo, seria de interesse a criação de um plano de evolução de acordo com a previsão de evolução a 5 anos que a Planimolde respondeu, destacando a integração da I4.0 na estratégia e investimentos, as áreas e competências a evoluir e definindo os objetivos para cada uns dos 5 anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aicep Portugal Global. (2019). *Moldes Portugueses - Uma Indústria Recohecida Mundialmente*. Portugal Global.
- Bahrin, M. A., Othman, M. F., Azli, N. N., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. Em *Jurnal Teknologi* (pp. 137-143).
- Barros, A. C., Simões, A. C., Toscano, C., Marques, A., Rodrigues, J. C., & Azevedo, A. (2017). Implementing Cyber-physical Systems in Manufacturing.
- Block, E. (1986). The comprehension strategies of second language readers. *TESOL Quarterly*, 20, 463-494.
- Candel-Haug, K., Kretschmer, T., & Strobel, T. (2016). Cloud adaptiveness within industry sectors – Measurement and observations. *Telecommunications Policy*, 40(4), 291-306.
- Chen, Y. (2017). Integrated and intelligent manufacturing: Perspectives and enablers. *Engineering*, 3(5), 588-595.
- Chen, Z., & Xing, M. (2015). Upgrading of textile manufacturing based on Industry 4.0. *Atlantis Press*, 2352-5401.
- Cho, H. S., & Woo, T. H. (2017). Cyber security in nuclear industry – Analytic study from the terror incident in nuclear power plants. *Annals of Nuclear Energy*, 99, 47-53.
- Donovan, P. O., Sullivan, D. T., & Bruton, K. (2016). IAMM: A Maturity Model for Measuring Industrial Analytics Capabilities in Large-scale Manufacturing Facilities. *International Journal of Prognostics and Health Management*, 7(4), 1-11.
- European Parliament. (2017). *Digitising Industry (Industry 4.0) and Cybersecurity*.
- Frazier, W. E. (2014). Metal Additive Manufacturing: A Review. *Journal of Materials Engineering and Performanc*, 23, 1917-1928.
- Geissbauer, R., Vedso, J., & Schrauf, S. (2016). Industry 4.0: building the digital enterprise. *PwC's 2016 Global Industry 4.0 Survey*.

- Gilchrist, A. (2016). Introducing Industry 4.0. Em Apress, *Industry 4.0* (pp. 195-215).
- Gouveia, H., Castro, H., Carvaho, A., Duarte, M. H., Gil, C., Varum, C., & Teixeira, L. (2019). Avaliação da Maturidade i4.0 de Empresas Nacionais.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. Em *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (pp. 3928-3937).
- Ivens, B. S., Pardo, C., Niersbach, B., & Leischnig, A. (2016). Firm-internal key account management networks: Framework, case study, avenues for future research. 102-113.
- Kagermann, H., & Lukas, W.-D. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. In Acatech.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. In Acatech.
- Keller, M., Rosenberg, M., Brettel, M., & Friederichsen, N. (2014). Bluetooth Based Home Automation System Using Cell Phone Bluetooth Based Home Automation System. Em *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering* (pp. 37-44).
- Khan, A., & Turowski, K. (2016). A Perspective on Industry 4.0. Em *Challenges to Opportunities in Production Systems* (pp. 441-448).
- Khan, M., Wu, X., Xu, X., & Dou, W. (2017). Big data challenges and opportunities. *IEEE International Conference on Communications (ICC)*, (pp. 1-6).
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.
- Lee, J. Y., Yoon, J. S., & Kim, B. H. (2017). A big data analytics platform for smart factories in small and medium-sized manufacturing enterprises: An empirical case study of a die casting factory. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 18(10), 1353-1361.

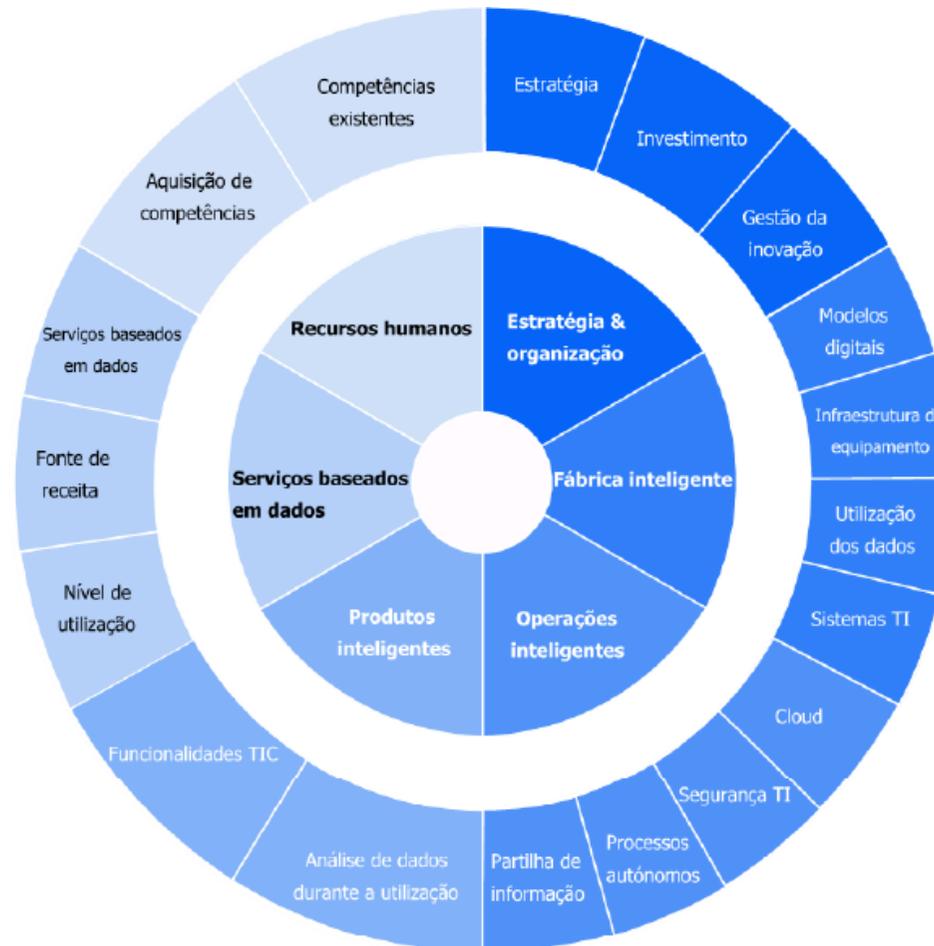
- Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia cirp*, 16, 3-8.
- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., . . . Schmitz, E. (2015). *IMPULS - Industrie 4.0 Readiness*. Aachen, Cologne: VDMA's IMPULS Foundation.
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.
- Luenendonk, M. (2017). *Industry 4.0: Definition, Design Principles, Challenges, and the Future*. Retrieved on February.
- Manyika, J., Chui, M. B., Woetzel, J., Dobbs, R., Bughin, J., & Aharon, D. (2015). Unlocking the potencial of the internet of things. *McKinsey Global Institute*, 1.
- Maresova, P., Soukal, I., Svobodova, L., Hedvicakova, M., Javanmardi, E., Selamat, A., & Krejcar, O. (2018). Consequences of Industry 4.0 in business and economics, 6(3), 46.
- Moreno, A., Velez, G., Ardanza, A., Barandiaran, I., Infante, A., & Chopitea, R. (2017). Virtualisation process of a sheet metal punching machine within the Industry 4.0 vision. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 11(2), 365-373.
- Müller, J. M., Buliga, O., & Voigt, K. I. (2018). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 2-17.
- Oliveira, A. C., & Kaminski, P. C. (2012). A reference model to determine the degree of maturity in the product development process of industrial SMEs. *Technovation*, 32(12), 671-680.
- Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept.
- Ponte, J. (2006). O estudo de caso na investigação em educação matemática. Em *Quadrante* (Vol. 3, pp. 3-18).
- Prause, G., & Atari, S. (2017). On sustainable production networks for Industry 4.0. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 4(4), 421-431.

- Quivy, R., & Campenhoudt, L. V. (2008). *Manual de investigação em ciências sociais*. Publicações, Gradiva.
- Rojko, A. (2017). Industry 4.0 concept: background and overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 11(5), 77-90.
- Romero, D., Bernus, P., Noran, O., Stahre, J., & Fast-Berglund, A. (2016). The operator 40: Human cyber-physical systems and adaptive automation towards human-automation symbiosis work systems. Em *IFIP international conference on advances in production management systems* (pp. 677-686). Springer, Cham.
- Rüssmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston consulting group*, 9(1), 54-89.
- Rüttiman, B. G., & Stöckli, M. T. (2016). Lean and Industry 4.0—Twins, Partners, or Contenders? A Due Clarification Regarding the Supposed Clash of Two Production Systems. *Journal of Service Science and Management*, 9(6), 485-500.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2007). Research methods for business students (4TH Edition) - Financial Times Prentice Hall. *Journal of Economic Perspectives*.
- Schlaepfer, R. C., & Koch, M. (2015). *Industry Challenges and Solutions for the Digital Transformation and Use of Exponential Technologies*. Audit Tax Consulting Corporate Finance, Deloitte.
- Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, A. R., & Prote, J. P. (2014). Collaboration mechanisms to increase productivity in the context of industrie 4.0. *Procedia Cirp*, 19, 51-56.
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia Cirp*, 52, 161-166.
- Schwab, K. (2016). The fourth industrial Revolution. World Economic Forum.
- Schwab, K. (2017). The fourth industrial Revolution. World Economic Forum.
- Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based

- on the Internet of Things paradigm. *IEEE international conference on industrial engineering and engineering* (pp. 697-701). IEEE.
- Soriano, J., Heitz, C., Hutter, H. P., Fernández, R., Hierro, J. J., Vogel, J., . . . Bohnert, T. M. (2013). Internet of Services - In Evolution of Telecommunication Services. Em *Evolution of Telecommunication Services* (pp. 283-325).
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536-541.
- Umbach, C. (2004). On the notion of contrast in information structure and discourse structure. *Journal of Semantics*, 21(2), 155-175.
- União Europeia . (2017). *Fundos Europeus Estruturais e de Investimento*.
- Voss, C., Tsiriktsis, N., & Frohlich, M. (2002). Case research in operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, 22(2), 195-219.
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1).
- Weyer, S., Meyer, T., Jумыng, U., & Ohmer, M. (2016). Open semantic meta-model as a cornerstone for the design, engineering and management of CPS-based Factories. Em *Proceedings of 4th AutomationML User Conference - Road to Industrie 4.0: AutomationML as Digital Enabler*. Germany.
- Yin, R. K. (1984). *Case Study Research: Design and Methods*. Sage Publications.
- Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. Sage Publications.
- Zaidah, Z. (2003). An Investigation into the effects of Discipline-Specific Knowledge. In Proficiency and Genre on Reading Comprehension and Strategies of Malaysia ESP Students. Unpublished Ph. D. Thesis, University of Reading.

ANEXOS

Anexo A – Dimensões e temas da I4.0



Adaptado de (Gouveia, et al., 2019)

Anexo B – Nível de maturidade de I4.0



Adaptado de (Gouveia, et al., 2019)

Anexo C - Relatório de Avaliação da Maturidade I4.0 de Empresas Nacionais

Link de acesso: <https://www.shift2future.pt/Relat%C3%B3rio.pdf>

RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DA MATURIDADE I4.0

19/06/2021

Planimolde (Horácio Silva - horacio.silva@planimolde.pt)

SHIFT
SHIFT TO 4.0

ÍNDICE

Enquadramento	02
Avaliação do inquérito à maturidade i4.0	03
Próximos Passos	05
Descrição do Modelo de Maturidade Usado	12
Resumo das Respostas ao questionário	16
Estratégia e Organização	18
Infraestrutura Inteligente	20
Operações Inteligentes	22
Produtos Inteligentes	24
Serviços Baseados em Dados	25
Recursos Humanos	26
Grupos de Comparação	27

ENQUADRAMENTO

A Indústria 4.0 (i4.0) está no centro das atenções de gestores, economistas, governantes, etc., pois afigura-se como a indústria do futuro. Apesar do enorme potencial económico da i4.0, a maioria das Pequenas e Médias Empresas (PME's) mantém-se cautelosa em investir na adoção dos seus conceitos e um dos principais obstáculos prende-se com lacunas de informação e conhecimento sobre as abordagens a considerar, assim como, a incerteza quanto ao caminho a escolher na implementação de soluções. Neste contexto, é necessária informação que enquadre o estado atual do tecido empresarial português no âmbito da i4.0, nomeadamente das PME's. Tendo em conta este enquadramento, foi desenvolvido um estudo que examina o estado de maturidade da empresa na i4.0, isto é, a sua capacidade e o seu empenho em implementar os conceitos na base da i4.0.

O modelo de avaliação do estado de maturidade i4.0 é o suporte da ferramenta de autoavaliação, designada por SHIFT 4.0® (SHIFT to 4.0), que determina o estado de maturidade i4.0 da empresa. Esta ferramenta online dá a possibilidade de as empresas verificarem qual o seu estado atual de maturidade i4.0, e obterem um mapa compreensivo e detalhado das próximas ações a efetuar, no sentido de melhorar a sua maturidade. O SHIFT 4.0® está disponível online em <https://shift4.isq.pt>. O SHIFT 4.0®, preconizado pelo ISQ e promovido pelo IAPMEI, foi adaptado à realidade portuguesa a partir do inquérito desenvolvido pelo IW Consult da Cologne Institute for Economic Research e pela FIR da RWTH da Universidade de Aachen.

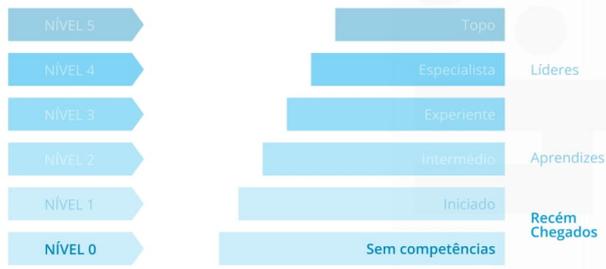
AValiação DO INQUÉRITO À Maturidade I4.0

Obrigado por ter participado neste estudo de avaliação da maturidade i4.0 das empresas portuguesas. Os resultados do inquérito de autoavaliação são apresentados seguidamente. Juntamos algumas recomendações que poderá pôr em prática para melhorar o seu nível de maturidade i4.0 e atingir o nível ambicionado num horizonte temporal de 5 anos. Se pretender uma interpretação mais detalhada do relatório e respetivas recomendações poderá contactar-nos para os endereços indicados no final do relatório.

AValiação GLOBAL

Na avaliação global, a sua empresa está no **nível 0**. Nas 6 dimensões analisadas, os níveis de maturidade i4.0 são os seguintes:

Dimensão	Nível
Estratégia e Organização	0
Infraestrutura Inteligente	2
Operações Inteligentes	0
Produtos Inteligentes	0
Serviços Baseados em Dados	0
Recursos Humanos	0



The diagram shows a maturity scale from 'Sem competências' (Level 0) to 'Topo' (Level 5). The levels are: Sem competências, Iniciado, Intermediário, Experiente, Especialista, and Topo. The 'Recém Chegados' (Newly Arrived) label is positioned between 'Iniciado' and 'Sem competências'.

Avaliação global (ponderada): 0.34 com atribuição do nível 0

AVALIAÇÃO POR TEMAS

Na avaliação dos temas, de cada dimensão, obteve as seguintes classificações:

Dimensão	Tema	Nível
Estratégia e Organização	Estratégia	0
	Investimentos	0
	Gestão da Inovação	0
Infraestrutura Inteligente	Infraestrutura de equipamento	2
	Modelos Digitais	4
	Dados	2
	Sistemas TI	2
Operações Inteligentes	Partilha de informação	0
	Processos autónomos	0
	Segurança TI	0
	Cloud	0
Produtos Inteligentes	Funcionalidades TIC	0
	Análise de Dados	0
Serviços Baseados em Dados	Serviços Baseados em dados	0
	Fonte de Receita	0
	Nível de Utilização	0
Recursos Humanos	Competências Existentes	0
	Aquisição de Competências	0



PRÓXIMOS PASSOS

Para melhorar o seu nível de maturidade i4.0 e atingir os objetivos que definiu num horizonte temporal de 5 anos, propomos, por dimensão, as seguintes ações:

ESTRATÉGIA E ORGANIZAÇÃO

Para melhorar o seu nível de maturidade i4.0 e atingir os objetivos que definiu num horizonte temporal de 5 anos, propomos, por dimensão, as seguintes ações:

Estratégia

Estado atual: A i4.0 não faz parte do processo estratégico da sua empresa.

Recomendações: Inicie a preparação para a i4.0 aumentando o seu nível de conhecimento sobre a i4.0, o seu potencial e benefícios. Comece a esboçar o desenvolvimento de uma estratégia i4.0 para a empresa, apoiando-se, sempre que possível, na experiência adquirida com iniciativas piloto realizadas ao nível departamental. Prossiga o desenvolvimento da estratégia i4.0 da empresa e torne-a parte do processo estratégico da empresa. Após este desenvolvimento, defina uma estratégia i4.0 específica, medidas de implementação iniciais e coloque-a em prática. As medidas e passos de implementação podem ajudar a integrar, efetivamente, a estratégia na empresa. Com a estratégia i4.0 em implementação, trate de a estender a todas as unidades. Identifique quaisquer unidades onde esta ainda não esteja a ser implementada e inicie um processo de implementação da i4.0. Está pronto para a i4.0.

Investimentos

Estado atual: Atualmente, não está a investir na i4.0. Não é possível implementar com sucesso a i4.0, sem investir nos recursos necessários.

Recomendações: Identifique as áreas da empresa onde existe potencial para implementar a i4.0 (I&D, produção, logística, vendas, etc.), desenvolva um plano de financiamento e inicie um plano de investimentos. Expanda progressivamente o investimento a pelo menos 4 áreas, de forma substancial, de acordo com a estratégia i4.0 em desenvolvimento. Por fim, estenda o investimento a todas as áreas da empresa e integre-o no processo estratégico, para consolidar a implementação da i4.0. Neste momento, a sua empresa realizou os investimentos necessários à implementação da i4.0, proporcionando importantes recursos financeiros para obter sucesso na i4.0.

Gestão de Inovação

Estado atual:

INFRAESTRUTURA INTELIGENTE

Para a dimensão de Infraestrutura inteligente escolheu como objetivo, num horizonte temporal de 5 anos, o nível 4. Desta forma, propomos um plano de tarefas para os temas seguintes:

Infraestrutura dos Equipamentos

Estado atual: Alguns equipamentos da sua infraestrutura podem ser controlados por TI e apresentam capacidade de comunicação (M2M) ou interoperabilidade.

Recomendações: Gradualmente, estenda o controlo por TI a outras máquinas com o objetivo de abranger todo o parque de máquinas desde que estas tenham capacidade de atualização. Inicie a integração parcial das máquinas e sistemas. Posteriormente, expanda as funcionalidades de controlo de forma total e aumente a integração e a interoperabilidade entre máquinas e sistemas.

Modelos Digitais

Estado atual: A sua empresa possui alguma modelação digital pois recolhe já alguns dados dos equipamentos e processos durante a produção.

Recomendações: Como a sua empresa possui alguma modelação digital pois recolhe já alguns dados e selecionou o nível 4 para esta Dimensão, foque os seus esforços nos temas que ainda não atingiram o nível desejado.

Utilização dos dados

Estado atual: Já realiza recolha de dados, principalmente de modo manual.

Recomendações: Avalie a relevância dos dados que está a recolher. Selecione áreas onde estes são relevantes e críticos e inicie a recolha digital nestas áreas. Torne mais abrangente a recolha de dados e estenda-a a múltiplas áreas. Analise até que ponto pode aumentar a recolha automática dos dados.

Sistema TI

Estado atual: Algumas áreas são suportadas por sistemas TI e estão integradas.

Recomendações: Inicie o processo de integração de todas as áreas suportadas por TI. Posteriormente, aumente o nível de integração das áreas selecionadas, por forma a obter a integração total.

OPERAÇÕES INTELIGENTES

Para a dimensão de operações inteligentes escolheu como objetivo, num horizonte temporal de 5 anos, o nível 3. Desta forma, propomos um plano de tarefas para os temas seguintes:

Partilha de Informação

Estado atual: Neste momento não efetua qualquer partilha de informação.

Recomendações: Efetue uma análise para determinar onde existem restrições entre os sistemas e onde o seu potencial pode ser alavancado, integrando a partilha de informação no sistema. Por exemplo, este exercício pode assumir a forma de uma análise custo-benefício da solução a ser implementada. Comece por partilhar informação internamente num âmbito departamental. Gradualmente, aplique a mesma metodologia a outros departamentos. De seguida, alargue o âmbito da partilha de informação, por exemplo, ao nível interdepartamental.

Processos autónomos

Estado atual:

Segurança TI

Estado atual: Atualmente, não está a utilizar nenhuma solução de segurança TI.

Recomendações: Analise onde as soluções de segurança TI são necessárias e quais as medidas que precisam de serem tomadas. Defina as áreas, planeie e desenvolva as soluções de segurança TI viáveis. Inicie a implementação parcial das soluções desenvolvidas.

Utilização da Cloud

Estado atual:

PRODUTOS INTELIGENTES

Para a dimensão de produtos inteligentes escolheu como objetivo, num horizonte temporal de 5 anos, o nível 1. Desta forma, propomos um plano de tarefas para os temas seguintes:

Utilização da Cloud

Estado atual: Atualmente, os produtos da sua empresa não usam funcionalidades TIC tais como, memória, autoinformação, integração, localização, serviço de apoio, monitorização ou identificação automática.

Recomendações: Para preparar a sua empresa para a i4.0 é importante começar a analisar quais as funcionalidades TIC que podem trazer valor acrescentado aos seus produtos. Após esta análise, comece por introduzir uma funcionalidade TIC no(s) seu(s) produto(s) e acompanhe o seu funcionamento.

Análise de dados durante a utilização

Estado atual: Atualmente, a sua empresa não recolhe dados na fase de utilização do produto.

Recomendações: Para começar a preparar a sua empresa para a i4.0 deverá iniciar a recolha de dados durante a utilização dos produtos, embora não aplique nenhum modelo de análise.

SERVIÇOS BASEADOS EM DADOS

Para a dimensão de serviços baseados em dados escolheu como objetivo, num horizonte temporal de 5 anos, o nível 1. Desta forma, propomos um plano de tarefas para os temas seguintes:

Serviços provenientes de dados

Estado atual: Atualmente, a sua empresa ainda não oferece nenhum serviço baseado em dados.

Recomendações: Comece por identificar áreas que consigam usar a potencialidade dos dados, para criar novos serviços para os seus produtos. Assim, para permitir a implementação da i4.0 neste contexto, deve começar a preparar investimentos no sentido de integrar estes serviços no cliente.

Fonte de receita

Estado atual: Atualmente, a sua empresa não incorpora serviços baseados em dados nos seus produtos. Assim sendo, a influência dos serviços baseados em dados nas receitas da sua empresa é nula.

Recomendações: Identifique as áreas com maior potencial de gerarem receita a partir de serviços baseados em dados. Inicie um projeto piloto e uma análise custo-benefício com base nos serviços prestados e no retorno obtido. De seguida, deverá introduzi-los nos produtos oferecidos pela sua empresa e nesta fase, estes poderão trazer uma receita adicional de até 1%.

Nível de utilização

Estado atual:

RECURSOS HUMANOS

Para a dimensão de recursos humanos escolheu como objetivo, num horizonte temporal de 5 anos, o nível 3. Desta forma, propomos um plano de tarefas para os temas seguintes:

Competências existentes

Estado atual: Atualmente, a sua empresa não tem as competências necessárias para implementar com sucesso a i4.0.

Recomendações: É muito importante investir nas competências dos seus colaboradores (em áreas como a infraestrutura TI, tecnologia de automação, análise de dados, segurança de dados e comunicações, desenvolvimento e aplicação de sistemas de apoio ou software colaborativo). Identifique as áreas onde faltam as competências, ou estas são inadequadas e desenvolva um plano de ação a fim de ultrapassar esta limitação. Os planos de formação devem contemplar várias formas de aquisição e aumento de conhecimento, como ações/seminários de formação, ações de transferência de conhecimento, workshops, coaching, etc. Gradualmente vá aumentando a competência dos colaboradores de forma a abranger, adequadamente pelo menos três áreas relevantes.

Aquisição de competências

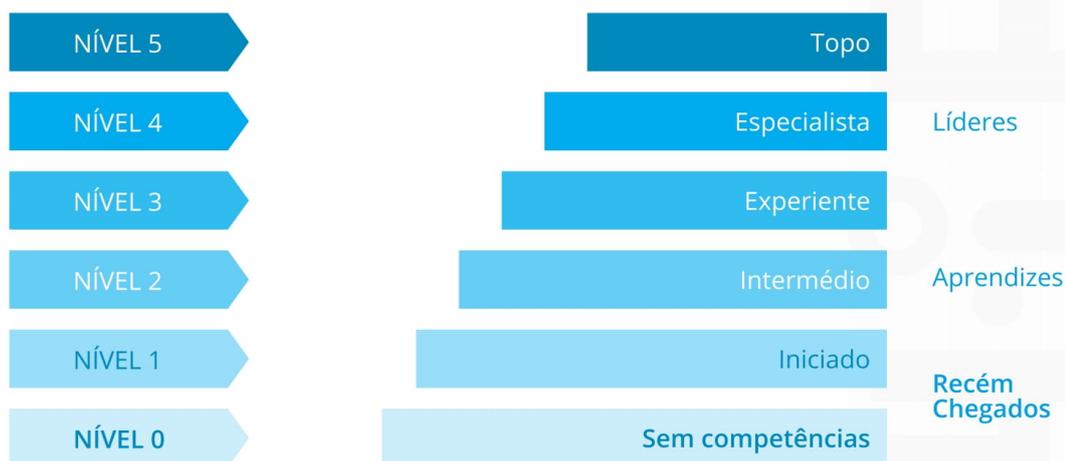
Estado atual:

ANEXO A

SHIFT

DESCRIÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE USADO

O objetivo deste estudo é apoiar o tecido empresarial português na adoção da i4.0. Para tal, foi desenvolvido um conceito que avalia a maturidade atual i4.0, onde os parâmetros são identificados empiricamente através de um inquérito à empresa. Nesse conceito, foi adotado um modelo de avaliação do estado de maturidade i4.0 para a definição de critérios, através dos quais, as empresas são enquadradas em três classificações: “recém chegadas”, “aprendizes” e “líderes”. Esta classificação é suportada em seis dimensões que constituem a essência da i4.0: estratégia e organização, Infraestrutura inteligente, operações inteligentes, produtos inteligentes, serviços baseados em dados e recursos humanos.



Níveis de maturidade i4.0 usadas no modelo da ferramenta SHIFT to Future.

Nível 0

A empresa não cumpre nenhum dos requisitos para a i4.0. Este nível é também atribuído às empresas que indicaram desconhecimento ou irrelevância para a sua atividade da i4.0.

Nível 1

A sua empresa está envolvida na i4.0 através de iniciativas piloto em vários departamentos e investimentos em pelo menos uma área. Apenas alguns processos produtivos são suportados por sistemas TI, e a infraestrutura existente dos

equipamentos apenas satisfaz parcialmente as integrações futuras e os requisitos de comunicações. A partilha de informação é limitada a algumas áreas internas à empresa. As soluções de segurança TI estão planeadas ou em fase de implementação. Neste ambiente, uma empresa com o nível de iniciado, está a começar a dotar os seus produtos com funcionalidades TIC. As competências necessárias para expandir a i4.0 estão apenas em algumas áreas da empresa.

Nível 2

Uma empresa de nível intermédio incorpora a i4.0 na sua orientação estratégica, onde está a desenvolver uma estratégia para implementar o conceito i4.0, assim como adotar um sistema de indicadores adequado para avaliar o seu estado de implementação. Estão a ser feitos investimentos consideráveis em diversas áreas, no âmbito i4.0. Existe alguma recolha automática de dados que são analisados até uma certa extensão. A infraestrutura dos equipamentos não satisfaz todos os requerimentos para uma futura expansão. A partilha de informação da empresa está integrada até um certo ponto, e os primeiros passos estão a ser dados para integrar a partilha de informação com os parceiros de negócios. Soluções adequadas de segurança TI já estão em vigor e em expansão. Neste ambiente, uma empresa com o nível de intermédio, está a começar a fornecer serviços baseados em dados aos seus clientes. Em algumas áreas, os colaboradores possuem as competências necessárias para expandir a i4.0.

Nível 3

Uma empresa no nível experimentado já formulou uma estratégia baseada na i4.0, apresenta investimentos i4.0 em várias áreas e promove a introdução da i4.0 através da gestão da tecnologia e inovação, por departamentos. Os sistemas TI em produção são interligados por meio de interfaces e suportam os processos de produção, com dados recolhidos automaticamente em áreas-chave. A infraestrutura do equipamento pode ser atualizada para acomodar futuras expansões. A partilha de informação interna e entre empresas está parcialmente integrada no sistema. As soluções de segurança TI necessárias foram implementadas. As soluções baseadas na nuvem estão planeadas por forma a serem expansíveis. Neste ambiente, a empresa tem produtos com várias funcionalidades TIC interconectadas. Estes produtos formam a base dos primeiros serviços baseados em dados, mas a empresa ainda não está integrada nos seus clientes. Os serviços baseados em dados para os clientes representam uma pequena parcela das receitas. Já foram feitos esforços intensivos para expandir as competências dos colaboradores.

Nível 4

Uma empresa com o nível de especialista já está a usar uma estratégia i4.0 e monitoriza-a com indicadores apropriados. Os investimentos estão a ser feitos em quase todas as áreas relevantes, e o processo é apoiado pela gestão de tecnologia e

inovação interdepartamental. Os sistemas suportam a maioria dos processos de produção e recolhem grandes quantidades de dados, que são usados para a otimização de processos. Uma expansão adicional é possível, já que o equipamento satisfaz os requisitos futuros de integração. A partilha de informação tanto interna como com parceiros de negócios está amplamente integrada no sistema. As soluções de segurança TI são usadas nas áreas relevantes, sendo a TI escalonável por meio de soluções baseadas na nuvem. Adicionalmente, está a começar a explorar o âmbito dos produtos guiados autonomamente, assim como dos processos autoajustáveis. Os produtos apresentam funcionalidades adicionais baseadas em TIC que permitem a recolha de dados e a análise direcionada durante a fase de utilização. Isso, por sua vez, suporta serviços baseados em dados, já em utilização pelos clientes e respondem por uma pequena parcela das receitas. Os serviços baseados em dados apresentam integração direta entre o cliente e o produtor. Na maioria das áreas relevantes, a empresa possui as competências necessárias e adequadas para atingir este grau de maturidade e expandir ainda mais a i4.0.

Nível 5

Uma empresa no nível de executor de topo já implementou a sua estratégia i4.0 e monitoriza regularmente o seu estado de implementação. Este é suportado por investimentos transversais a toda a empresa. A empresa estabeleceu uma gestão da tecnologia e inovação geral e abrangente. Implementou um suporte amplo ao sistema TI na sua produção e recolhe automaticamente todos os dados relevantes. A infraestrutura do equipamento satisfaz todos os requisitos de integração e de comunicação do sistema. Isto, por sua vez, fornece partilha de informação integradas ao sistema, tanto internas como com parceiros de negócios. Soluções abrangentes de segurança TI foram implementadas e as soluções baseadas na nuvem oferecem uma arquitetura de TI flexível. Algumas áreas de produção já utilizam produtos guiados autonomamente e processos autoajustáveis. Os produtos apresentam extensas funcionalidades adicionais baseadas em TIC, e os dados recolhidos na fase de utilização são orientados para funções como desenvolvimento de produtos, manutenção remota e suporte a vendas. Os serviços baseados em dados para os clientes já representam uma parcela significativa das receitas. A empresa está integrada com o cliente. A empresa possui o conhecimento interno necessário em todas as áreas críticas e pode avançar com a i4.0.

ANEXO B

SHIFT

RESUMO DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO

Leu e aceitou dar o seu consentimento ao ISQ, para tratamento de dados recolhidos no âmbito do presente questionário que se destinam exclusivamente ao estudo da maturidade das empresas quanto à indústria 4.0 e o respetivo mapeamento nacional, nos termos da Política de Privacidade.

Nome da empresa	Planimolde
Correio Eletrónico	horacio.silva@planimolde.pt
Respondente	Horácio Silva
Cargo exercido	Gestão intermédia / Dirigente intermédio
Âmbito em que se insere a atividade da empresa:	Indústrias transformadoras
Número aproximado de trabalhadores da empresa em Portugal:	De 50 a 249
Valor aproximado do volume de negócios em 2020:	Entre 2 e 10 milhões de euros
Autoavaliação do nível de conhecimento sobre o conceito i4.0:	O suficiente para já termos alguns projetos piloto a decorrer
Motivação da empresa para abraçar os desafios i4.0:	Os requisitos de mercado e a pressão competitiva
Objetivos a atingir com a adoção dos conceitos i4.0:	Aumento da eficiência das operações ou serviços Aumento da eficiência do sistema de gestão
A digitalização de processos com a implementação de sistemas de informação está:	Em curso
A integração entre sistemas e/ou equipamentos com recurso ao IoT está:	Em curso
A implementação de sistemas que permitam o controlo eficiente dos processos, produtos e serviços e a análise do desempenho em tempo real está:	Em curso

A contratação de técnicos essenciais para a transformação digital está: **Não planeada**

Contratação de consultores para a transformação digital **Não planeada**

A reconversão de técnicos para dar resposta à transformação digital está: **Não planeada**



ESTRATÉGIA E ORGANIZAÇÃO

Q1 - Como descreve o nível de implementação da estratégia i4.0 na sua empresa?	A estratégia está em desenvolvimento
Q2 - Existem indicadores para monitorizar o estado de implementação da estratégia i4.0?	Não, a nossa abordagem ainda não está claramente definida
Q3 - Que tecnologias utiliza na sua empresa?	<ul style="list-style-type: none"> - Sensores - Dispositivos móveis - Comunicações M2M - Automação
Q4 - Em que áreas da empresa, existiu investimento em i4.0 nos últimos 2 anos?	
- Investigação & Desenvolvimento	Pequeno
- Infraestrutura/Produção	Grande
- Compras	Pequeno
- Vendas	Pequeno
- Serviços	Nenhum
- TI	Pequeno
Q5 - Em que áreas da empresa está planeado investir em i4.0 nos próximos 5 anos?	
- Investigação & Desenvolvimento	Pequeno
- Infraestrutura/Produção	Grande
- Compras	Nenhum
- Vendas	Nenhum

- Serviços	Nenhum
- TI	Médio
Q6 - Em que áreas da empresa existe uma gestão sistemática da tecnologia e inovação?	- Não possuímos



INFRAESTRUTURA INTELIGENTE

Q7 - Como avalia as funcionalidades da infraestrutura de hardware da sua empresa?

- Máquinas e sistemas podem ser controlados através de TI **Disponível para alguns equipamentos**

- M2M: Comunicações Máquina para Máquina **Disponível para alguns equipamentos**

- Interoperabilidade: possível a integração e colaboração com outras máquinas/sistemas **Disponível para alguns equipamentos**

Q8 - Como avalia a capacidade de atualização das funcionalidades existentes?

- M2M: Comunicações Máquina para Máquina **Relevante e com capacidade de atualização**

- Interoperabilidade: possível a integração e colaboração com outras máquinas/sistemas **Relevante e com capacidade de atualização**

Q9 - A digitalização de equipamentos/processos torna possível criar um modelo digital da infraestrutura. A sua empresa já recolhe dados dos equipamentos e dos processos?

Sim, alguns

Q10 - De que forma realiza a recolha de dados?

Principalmente em modo manual

Q11 - Qual a utilização que faz dos dados recolhidos?

- **Gestão da qualidade**
 - **Controlo automático de processos através da utilização de dados em tempo real**

Q12 - Quais dos seguintes sistemas utiliza?

- **CAD – Computer-Aided Design**
 - **CRM - Customer Relationship Management**

Q13 - Dos seguintes que utiliza, quais possuem alguma interface com o sistema central de armazenamento e tratamento de dados?

- CAD – Computer-Aided Design
- MDC – Machine Data Collection



OPERAÇÕES INTELIGENTES

Q14 - Que informação interna, partilhada entre áreas operacionais, está integrada no sistema central?	- Produção/Fabricação - Compras
Q15 - Que informação partilhada com o exterior, clientes e/ou fornecedores, está integrada no sistema central?	- Nenhuma
Q16 - Na sua empresa já se observam casos de controlo autónomo?	Sim, mas só em áreas selecionadas
Q17 - Na sua empresa existem processos que sejam reativos e reajustáveis, em tempo útil, a alterações nas condições operacionais	Sim, mas só em áreas selecionadas
Q18 - Como está organizada a área das Tecnologias de Informação (TI) na sua empresa?	Não existem recursos internos de TI (recorre-se a um fornecedor de serviços)
Q19 - Qual o estado das suas soluções de segurança de TI?	
- Segurança no armazenamento interno de dados	Implementada
- Segurança dos dados através de serviços em nuvem	Não planeada
- Segurança das comunicações para troca interna de dados	Implementada
- Segurança das comunicações para troca de dados com parceiros de negócio	Não planeada
Q20 - Já utiliza serviços em nuvem?	
- Software baseado em nuvem	Não
- Para análise de dados	Não

- Para armazenamento de dados

Não

Q20B - O motivo principal para a não utilização da nuvem é: **Custos associados**



PRODUTOS INTELIGENTES

Q21 - Indique os produtos físicos da sua empresa que já vêm equipados com funcionalidades baseadas em tecnologia de informação e comunicação (TIC), abaixo descritas.

Q22 - Os dados recolhidos na fase de utilização são analisados?

Q23 - No caso de analisar os dados, com que fim o faz?



SERVIÇOS BASEADOS EM DADOS

Q24 - Os dados de processo recolhidos nas diferentes fases de desenvolvimento, produção e utilização permitem novos serviços. Oferece tais serviços? **Não**

Q25 - Qual a importância dos serviços baseados em dados nas receitas da empresa? **Nenhuma**

Q26 - Qual o nível de utilização dos dados recolhidos? **Dados não utilizados**

RECURSOS HUMANOS

Q27 - Como avalia as competências dos seus recursos humanos quanto aos requisitos i4.0?

- Infraestrutura TI	Adequadas
- Automação	Existentes, mas inadequadas/insuficientes
- Análise de dados	Existentes, mas inadequadas/insuficientes
- Segurança de dados/ segurança das comunicações	Adequadas
- Desenvolvimento ou aplicação de sistemas de apoio	Não relevante
- Software colaborativo	Não relevante
- Competências não técnicas tais como pensamento sistémico e entendimento do processo	Não existentes

Q28 - Está a desenvolver esforços na aquisição das competências em falta?

Não

Grupos de Comparação

Grupos de Comparação	Indústrias transformadoras
Setor económico	Fabricação de produtos metálicos, excepto máquinas e equipamentos
País em que está instalada a empresa	Portugal
Região de nível 3 da Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS):	Região de Leiria
É membro das associações empresariais, industriais ou clusters:	Poolnet, Cefamol, Centimfe, Nerlei
Deseja ser contactado para efectuar uma análise mais detalhada relativa à maturidade tecnológica da sua empresa?	Não

SHIFT

SHIFT TO 4.0



IAPMEI
Financiado pela UE e Crescimento

 [HTTPS://SHIFT4.ISQ.PT/](https://shift4.isq.pt/)

 SHIFT4@ISQ.PT