

**MESTRADO EM
GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL**

**TRABALHO FINAL DE MESTRADO
DISSERTAÇÃO**

**TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 E TRANSFORMAÇÃO
DIGITAL NAS ORGANIZAÇÕES AGRÍCOLAS**

JOSUÉ ÁLVARO UIMA HANDANGA WAMBEMBE

OUTUBRO DE 2022

**MESTRADO EM
GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL**

**TRABALHO FINAL DE MESTRADO
DISSERTAÇÃO**

**TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 E TRANSFORMAÇÃO
DIGITAL NAS ORGANIZAÇÕES AGRÍCOLAS**

JOSUÉ ÁLVARO UIMA HANDANGA WAMBEMBE

ORIENTAÇÃO:

PROFESSOR RICARDO RODRIGUES

OUTUBRO DE 2022

RESUMO

A materialização da 4ª revolução industrial (indústria 4.0) na agricultura veio potencializar o alcance de importantes desafios sentidos no setor, particularmente, ao nível de quatro aspetos essenciais: aumento da produtividade, alocação de recursos de forma razoável, adaptação às mudanças climáticas e redução do desperdício alimentar. A implementação das suas tecnologias veio permitir uma gestão das operações agrícolas mais eficiente e lucrativa através do tratamento das grandes quantidades de dados recolhidos no âmbito das diferentes atividades.

Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo aprofundar o impacto da implementação das tecnologias da indústria 4.0 na gestão das operações agrícolas, por via da melhoria da capacidade de tomada de decisão dos seus gestores, bem como o de chamar a atenção das empresas do setor agrícola português para a crescente necessidade de digitalização das suas operações por via da introdução das tecnologias da 4ª revolução industrial. O método escolhido para a recolha de dados utilizado foi o questionário online, tendo sido inquiridos 43 colaboradores de organizações do setor agrícola.

O estudo contribui para a compreensão da importância da digitalização das operações através da introdução destas tecnologias, em particular, as tecnologias de Big Data e a Inteligência Artificial, bem como para a forma como estas podem contribuir para alcançar os desafios das operações agrícolas e suportar a tomada de decisão dos gestores das empresas pertencentes ao setor. Adicionalmente, foi também possível perceber que algumas empresas do setor agrícola português já iniciaram o seu processo de transformação digital através da utilização das tecnologias da indústria 4.0. No entanto, é necessário apostar-se numa maior disseminação do conceito e das suas vantagens a si associadas dentro do setor.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Agricultura 4.0; Transformação digital; Gestão das operações agrícolas; Suporte à tomada de decisão

ABSTRACT

The materialization of the 4th industrial revolution (Industry 4.0) in agriculture has enabled the achievement of important challenges felt in the sector, particularly at the level of four essential aspects: increased productivity, reasonable allocation of resources, adaptation to climate change and reduction of food waste. The implementation of its technologies has allowed a more efficient and profitable management of agricultural operations through the processing of large amounts of data collected during the different activities.

In this sense, this study aimed to demonstrate the impact of the implementation of Industry 4.0 technologies on the management of agricultural operations, by improving the decision-making capacity of their managers, as well as to draw the attention of companies in the Portuguese agricultural sector to the growing need for digitalization of their operations through the introduction of 4th industrial revolution technologies. The data collection method used was the online questionnaire and 43 employees belonging to organizations of the agricultural sector were surveyed.

The study contributed to understand the importance of the digitalization of operations through the introduction of these technologies, in particular the Big Data and Artificial Intelligence technologies, as well as how they can help meeting the challenges of agricultural operations and support the decision-making of the managers of the companies belonging to the sector. Additionally, it was also possible to see that some companies in the Portuguese agricultural sector have already started their digital transformation process through the use of Industry 4.0 technologies.

Keywords: Industry 4.0; Agriculture 4.0; Digital transformation; Agricultural operations management; Decision support

AGRADECIMENTOS

Quero começar por agradecer à minha família, em particular, aos meus pais, irmã e irmão por sempre acreditarem nas minhas capacidades, por estarem sempre ao meu lado e transmitirem-me a força e valores necessários para enfrentar os maiores desafios que a vida me pode proporcionar.

Igualmente, agradeço à minha namorada, pela compreensão e apoio dado durante o período de elaboração da dissertação.

De seguida, deixo um especial agradecimento ao Professor Ricardo Rodrigues pelo apoio e disponibilidade demonstrada ao longo de todo o trabalho. O seu acompanhamento e sugestões apresentadas foram fundamentais para ultrapassar os desafios que encontrei ao longo do estudo.

A todos que me acompanharam nesta jornada e que contribuíram de alguma forma para alcançar os objetivos propostos com a realização deste estudo, o meu agradecimento.

Muito obrigado a todos!

ÍNDICE

RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
AGRADECIMENTOS	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vi
ÍNDICE DE TABELAS	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. <i>Enquadramento</i>	1
1.2. <i>Motivações</i>	2
1.3. <i>Objetivos</i>	3
1.4. <i>Metodologia</i>	3
1.5. <i>Estrutura</i>	4
2. REVISÃO DELITERATURA.....	4
2.1 <i>Indústria 4.0</i>	4
2.2 Fatores determinantes e tecnologias habilitadoras.....	6
2.3 O impacto da indústria 4.0 na gestão das operações.....	8
2.4 Desafios para a estratégia da gestão de operações.....	9
2.5 Indústria 4.0 e a gestão das operações agrícolas	10
2.5.1 Digitalização da gestão das operações através da aplicação das tecnologias de <i>Big Data</i> e Inteligência Artificial	10
2.5.2 Aplicação de <i>Big Data</i> nas operações agrícolas	11
2.5.3 Aplicação da Inteligência Artificial nas operações agrícolas	12
2.5.4 Alcance dos desafios das operações agrícolas.....	12
3. METODOLOGIA.....	14
3.1. Tipo de Estudo.....	14

3.2.	População e Amostra.....	14
3.3.	Recolha de Dados.....	15
3.4.	Questionário.....	15
3.5.	Tratamento de dados	16
4.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	16
4.1	Caracterização da amostra final	16
4.2	Nível de consciência sobre o desafio da transformação digital	18
4.3	Consciência do ponto de partida da organização para a realização da transformação digital..	20
4.4	Alinhamento da liderança executiva da organização em torno de uma visão digital partilhada.	22
4.5	Indústria 4.0 e suas tecnologias.....	24
5.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	29
6.	CONCLUSÃO.....	32
6.1	Considerações Finais	32
6.2	Limitações da Investigação.....	33
6.3	Sugestões de Pesquisa Futura	33
7.	BIBLIOGRAFIA.....	34
8.	ANEXOS.....	38
	Anexo 1 – Definição das tecnologias pertencentes à indústria 4.0.....	38
	Anexo 2 – Descrição das cinco dimensões da tecnologia Big Data Analytics.....	40
	Anexo 3 – Desafios agrícolas alcançados pelas diferentes aplicações tecnológicas	41
	Anexo 4 – Descrição das cinco dimensões da tecnologia Big Data Analytics.....	42
	Anexo 5 – Questionário.....	44
	Anexo 6 - Médias obtidas nas questões que se basearam numa escla de linkert de cinco pontos	49
	Anexo 7 - Utilização de tecnologias da indústria 4.0 (frequência e percentagem).....	50
	Anexo 8 - Análise dos resultados obtidos às questões nº 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13	51
	Anexo 9 - Média e desvio-padrão das questões nº 14, 17 e 18 (Escala de Likert).....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução cronológica das revoluções industriais. Adaptado de Kagerman et al (2013)	6
Figura 2 - Componentes da indústria 4.0. Adaptado de Sharma et al. (2021).....	7
Figura 3 - Principais tecnologias da Agricultura 4.0. Adaptado de Araújo et al (2021).....	11

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tecnologias da indústria 4.0 utilizadas pelos inquiridos.....	25
Gráfico 2 - Etapas para o desenvolvimento de uma transformação de transformação digital.....	26
Gráfico 3 - Nível de importância atribuído às limitações existentes para a adoção das tecnologias da indústria 4.0 por parte das empresas pertencentes ao sector agrícola.....	26
Gráfico 4 - Nível de importância atribuído as opções disponibilizadas para a superação dos desafios sentidos e aumento do nível de implementação das tecnologias pertencentes à indústria 4.0 no setor agrícola.....	27

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela I - Definição do conceito de Indústria 4.0.....	5
Tabela II - Segmentos do setor agrícola das organizações dos inquiridos	17
Tabela III - Dimensões das organizações dos inquiridos.....	17
Tabela IV - Regiões das organizações dos inquiridos.....	18
Tabela V - Soma das classificações obtidas nas perguntas presentes na secção "Nível de consciência sobre o desafio da transformação digital"	19
Tabela VI - Soma das classificações obtidas nas perguntas presentes na secção "Consciência do ponto de partida da organização para a realização da transformação digital"	21
Tabela VII - Soma das classificações obtidas nas perguntas presentes na secção "Alinhamento da liderança executiva da organização em torno de uma visão digital partilhada.....	23
Tabela VIII - Classificação à questão "Conheço o conceito de indústria 4.0 e suas tecnologias?".....	24
Tabela IX - Nível de satisfação do ponto de vista operacional com o desempenho das tecnologias de Big Data e Inteligência Artificial.....	28
Tabela X - Nível de satisfação do ponto de vista financeiro com o desempenho das tecnologias de Big Data e Inteligência Artificial	28
Tabela XI - Definição das tecnologias pertencentes à Indústria 4.0.....	38
Tabela XII - Descrição das cinco dimensões da tecnologia Big DataAnalytics.....	40
Tabela XIII - Desafios agrícolas alcançados pelas diferentes aplicações tecnológicas	41

Tabela XIV - Aplicação de SAD em quatro domínios específicos e diferentes.....41

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação foca-se no impacto que algumas das tecnologias da indústria 4.0, nomeadamente *Big Data* e inteligência artificial, têm na gestão das operações das empresas do setor agrícola.

Neste capítulo, será inicialmente apresentado o enquadramento do tema da dissertação, bem como as principais motivações para a sua elaboração. Serão também explicitados os objetivos pretendidos, identificadas as lacunas de conhecimento do campo em estudo, descrita a metodologia que será utilizada e, por fim, apresentada a estrutura da dissertação.

1.1. Enquadramento

A agricultura desempenha um papel fundamental no que toca ao fornecimento de segurança alimentar e sustentabilidade para as pessoas de qualquer país (Anshari et al., 2019). No entanto, nos dias que correm, a elevada procura de alimento por parte da população mundial em crescimento (de acordo com projeções da ONU estima-se um crescimento de 7,7 mil milhões de pessoas em 2019 para 8,5 mil milhões em 2030) tem impactado fortemente o meio ambiente e exercido uma grande pressão na produtividade agrícola (Zhai et al., 2020). Esta situação agudiza-se com a atual guerra existente entre a Rússia e Ucrânia, dois dos maiores produtores e exportadores agrícolas do mundo, num contexto de mercados agrícolas globalizados, que trará consequências nunca antes vistas para a agricultura global.

A materialização da quarta revolução industrial (indústria 4.0) na agricultura, veio potenciar o alcance destes e outros importantes desafios sentidos no setor, particularmente ao nível de quatro aspetos essenciais: aumento da produtividade, alocação de recursos de forma razoável, adaptação às mudanças climáticas e redução do desperdício alimentar (Zhai et al., 2020). As suas tecnologias inovadoras (*IoT*, *Big Data*, Inteligência Artificial, *Cloud Computing*, entre outras) permitem uma gestão das operações agrícolas mais eficiente e lucrativa através do tratamento de grandes quantidades de dados recolhidos no âmbito das diferentes atividades agrícolas, por exemplo, através da utilização de sistemas de apoio à decisão (SAD).

À medida que os dados se tornam nos elementos-chave da agricultura moderna, os atuais avanços verificados ao nível da sua gestão, potenciados pelo desenvolvimento de tecnologias como *Big Data* e Inteligência Artificial, têm feito crescer exponencialmente a agricultura inteligente e apoiado os produtores agrícolas na tomada de decisões críticas (Saiz-Rubio & Rovira-Más, 2020). A recolha, análise e processamento de grandes quantidades de dados, (e.g., relacionados com informações meteorológicas, condições do solo, exigências de comercialização e utilização da terra) é útil para a tomada de decisão dos agricultores e contribui para o aumento da eficiência, produtividade e lucro das operações agrícolas (Zhai et al., 2020).

Deste modo, esta dissertação foi desenvolvida no sentido de contribuir para demonstrar a importância da adoção, por parte das empresas do setor agrícola, das tecnologias da indústria 4.0, nomeadamente *Big Data* e Inteligência Artificial, com vista à otimização da gestão das suas operações, assentes na melhoria da capacidade de tomada de decisão dos gestores e agricultores, contribuindo para o aumento da produtividade do setor. Paralelamente, pretendeu-se também contribuir para a caracterização do nível de adoção destas tecnologias por parte das mesmas.

Importa salientar que o presente estudo relaciona-se com três dos objetivos de desenvolvimento sustentável definidos pela a ONU, nomeadamente o objetivo nº 2 – erradicar a fome, o objetivo nº9 – Indústria, inovação e infraestruturas e objectivo nº12 – Produção e consumo sustentáveis.

1.2. Motivações

A principal motivação para o desenvolvimento da presente dissertação surge da necessidade de se encontrarem soluções para o vital desafio enfrentado pelo setor agrícola, o de se fazer face ao crescente aumento populacional, através do crescimento da sua produtividade de forma eficiente e sustentável (Saiz-Rubio & Rovira-Más, 2020). Para tal, a crescente digitalização do setor e, em particular, a introdução de soluções desenvolvidas a partir das tecnologias de *Big Data* e Inteligência Artificial, pertencentes à quarta revolução industrial, podem desempenhar um papel preponderante para a transformação dos dados obtidos no âmbito das atividades agrícolas em valor acrescentado para os gestores do setor, contribuindo para a melhoria da sua capacidade de tomada de decisão e aumento da produtividade e eficiência das operações agrícolas.

Outro fator motivacional igualmente importante, foi contribuir para o aumento do número de estudos, no campo da gestão, relativamente ao potencial impacto disruptivo que as tecnologias da indústria 4.0, *in casu Big Data* e Inteligência Artificial, podem ter ao nível da tomada de decisão nos processos e práticas agrícolas, contribuindo para o aumento da produtividade do setor.

O tema afigura-se como relevante pois, independentemente do setor em questão, não se espera que um gestor tenha total domínio tecnológico. No entanto, é vital que este tenha a capacidade de identificar e articular o valor do digital para o desenvolvimento e melhoria das suas operações. No campo agrícola, este facto ganha especial relevância, fruto do potencial impacto esperado com a implementação destas tecnologias no setor.

1.3. Objetivos

A presente dissertação tem como principal objetivo (objetivo 1) estudar o impacto da introdução das tecnologias da indústria 4.0 (*in casu Big Data* e Inteligência Artificial) na gestão das operações agrícolas, por via da melhoria da capacidade de tomada de decisão dos seus gestores.

Para além disto, pretende-se chamar a atenção das empresas do setor agrícola português para a crescente necessidade de digitalização das suas operações por via da introdução das tecnologias da quarta revolução industrial, refletindo-se sobre o grau de adoção e preparação existente no setor (objetivo 2). Sendo para isso importante que as empresas do setor ajustem os seus modelos de negócio e assumam estratégias de digitalização capazes de aumentar as suas capacidades operacionais e competitivas (aumento da produtividade e redução de custos operacionais).

1.4. Metodologia

Para alcançar os objetivos acima propostos foi definida e procurou-se dar-se resposta à questão de investigação: Qual o impacto da introdução de tecnologias da indústria 4.0 (*in casu Big Data* e inteligência artificial) na gestão das operações agrícolas? Para tal, procedeu-se a uma revisão de literatura assente na identificação e análise de artigos científicos relevantes sobre o conceito de indústria 4.0 e as suas tecnologias, o impacto da sua introdução no setor agrícola e em particular na gestão das suas operações. Neste sentido, a principal literatura na qual o presente trabalho está suportado diz respeito, entre outros, aos seguintes autores: Spanaki et al. (2020), Zhai et al. (2020), Araújo et al. (2021), Julião & Gaspar (2021) e Westerman et al (2014).

Numa segunda fase, com o intuito de se avaliar a forma como as empresas do setor agrícola português estão a lidar com o atual desafio da transformação digital e adoção das tecnologias pertencentes à indústria 4.0, foi realizado um questionário online a 42 trabalhadores afetos a empresas pertencentes ao setor agrícola nacional.

1.5. Estrutura

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos. No primeiro capítulo, é efetuada uma introdução ao trabalho, no qual é feito um pequeno enquadramento do tema em análise, são apresentadas as motivações e os objetivos definidos para a realização da dissertação, bem como é explicitada a metodologia e estrutura do documento. No segundo capítulo, é apresentada uma revisão de literatura, na qual são explicados os conceitos relevantes para o melhor entendimento do tema em análise e para alcançar os objetivos propostos com a realização do presente trabalho. O terceiro capítulo apresenta a metodologia de investigação, descrevendo as opções tomadas no processo de investigação e a justificação dos métodos e técnicas utilizadas no tratamento e análise da informação recolhida no decorrer do processo de investigação. No quarto capítulo é apresentada a análise dos resultados e no quinto a sua discussão. Por último, no sexto capítulo, são apresentadas as conclusões, as limitações do estudo realizado bem como possíveis sugestões para estudos futuros.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Indústria 4.0

O conceito de indústria 4.0, apresentado pela primeira vez em 2011 numa feira em Hanover (Rojko, 2017), surgiu no âmbito de uma iniciativa estratégica lançada pelo governo alemão, com o objetivo de transformar a produção industrial através da digitalização e exploração do potencial das novas tecnologias. O conceito foi apresentado com dois pressupostos diferentes, o de se assumir como sinónimo do início de uma 4ª revolução industrial, e o de representar o plano estratégico definido pela Alemanha para fortalecer a sua competitividade internacional ao nível da indústria de manufatura (Culot et al., 2020).

No entanto, fruto da evolução tecnológica verificada desde a apresentação do conceito pela primeira vez até aos dias de hoje, a paisagem tecnológica e o nível de compreensão da indústria 4.0 evoluíram significativamente, facto que originou alguma ambiguidade na

interpretação de alguns conceitos relevantes. Inúmeras vezes, conceitos semelhantes como “*smart manufacturing*”, “*digital transformation*” e “*fourth industrial revolution*”, são utilizados como sinónimos, o que acrescenta uma sensação de confusão em torno do âmbito e características do fenómeno (Culot et al., 2020).

Neste sentido, aliado ao facto de o conceito ser constituído por inúmeras tecnologias – mais de 1.200, segundo Chiarello et al. (2018) –, conclui-se que não existe uma definição universal para o conceito de indústria 4.0. Este facto, intensifica-se quando se tem em consideração que o fenómeno pode ser aplicado em várias dimensões (fábricas inteligentes, cidades inteligentes, agricultura inteligente, entre outros), várias disciplinas (engenharia, gestão, economia, entre outros) e abrange um variado leque de *stakeholders* (gestores, académicos, empreendedores e decisores políticos) (Buchi et al., 2020).

Na tabela 1 são apresentadas duas definições para o conceito de indústria 4.0, pertencentes a diferentes autores e que se constituem como relevantes para uma correta interpretação do conceito:

TABELA I
Definição do conceito de Indústria 4.0

Definição	Autores
“A indústria 4.0 trata-se de uma abordagem promissora baseada na integração do negócio e dos processos de fabrico, bem como na integração de todos os intervenientes da cadeia de valor de uma empresa (fornecedores e clientes), consubstanciada na aplicação dos conceitos genéricos de <i>Cyber-Physical Systems (CPS)</i> e <i>Internet of Things (IOT)</i> nos sistemas de produção industrial.”	Rojko (2017, p. 77)
“Indústria 4.0, trata-se de incluir e integrar os últimos desenvolvimentos baseados nas tecnologias digitais, bem como o processo de interoperabilidade entre elas. Isto permite às empresas transmitir informação em tempo real em termos de comportamento e desempenho.”	Lezoche et al. (2020, p. 1)

Adicionalmente, Brettel et al. (2014) destacam o facto de que, contrariamente às três revoluções industriais anteriores que foram provocadas por inovações técnicas, a presente revolução é desencadeada, principalmente, pela internet, que permite a materialização da relação homem e máquina, através de *Cyber-Physical Systems (CPS)* em grandes redes de conexão. Os referidos CPS são sistemas nas quais as dimensões naturais e humanas

(espaço físico) estão fortemente integradas com sistemas de computação, comunicação e controlo (ciberespaço). Para a sua conceção e implementação nos diferentes setores industriais, as infraestruturas são desenvolvidas através da implementação de sensores, sistemas de aquisição de dados, redes informáticas e *cloud computing* (Bagheri et al., 2015).

A implementação dos CPS nos sistemas produtivos resulta no conceito de *Cyber-Physical Production Systems* (CPPS) que, através dos mais recentes e previsíveis desenvolvimentos ao nível da informática, das tecnologias da informação e comunicação (TIC), por um lado, e da ciência e tecnologia da manufatura, por outro, podem levar à materialização do conceito de indústria 4.0 (Monostori et al., 2016).

Na figura 1, representa-se a evolução cronológica das sucessivas revoluções industriais, com destaque para as principais inovações técnicas alcançadas ao longo do tempo e para o aumento da complexidade a si associadas.

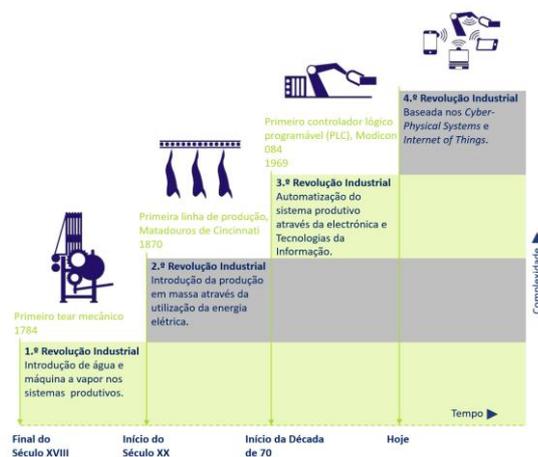


Figura 1- Evolução cronológica das revoluções industriais. Adaptado de Kagerman et al. (2013)

2.2 Fatores determinantes e tecnologias habilitadoras

Os dois principais fatores determinantes para a indústria 4.0 são a integração e a interoperabilidade (Lu, 2017). A integração de sistemas de automação industrial, tal como CPS e CPPS, para além de contribuírem para a conexão entre as dimensões físicas e humanas, originam mais e maiores características inovadoras, através das redes de conexão entre os diferentes *stakeholders*, tanto horizontal como verticalmente (Buchi et al., 2020). A integração ganha especial relevância para a materialização da indústria 4.0, através da utilização de sistemas como CPS e CPPS, na medida em que os primeiros são capazes de aumentar a produtividade, fomentar o crescimento, modificar o desempenho

da força de trabalho e produzir bens de maior qualidade com custos mais reduzidos (Rubmann et al., 2015).

No mesmo sentido, os CPPS, ao envolverem seres humanos, máquinas e produtos, e combinarem computação, redes e processos físicos durante os processos de produção, conseguem torná-los mais eficientes ao nível de custo e tempo, e melhorar a qualidade do produto final. No entanto, o alcance destas mais-valias requer um amplo domínio das tecnologias habilitadoras bem como dos seus métodos e ferramentas (Albers et al., 2016; Lu, 2017).

Por sua vez, a interoperabilidade facilita os processos de produção, mesmo sem continuidade, dentro e fora dos limites de uma empresa para interligar sistemas e trocar conhecimentos e competências (Buchi et al., 2020). Sharma et al. (2021) refere que a interoperabilidade se relaciona com a possibilidade de comunicação, troca de dados e coordenação de ações de coisas, computadores e pessoas dentro de uma determinada indústria. Adicionalmente, destaca o facto de que a referida capacidade de comunicação e troca de informação é relevante para a otimização de processos e produtividade.

Atualmente não existe um entendimento comum entre os diferentes autores quanto às tecnologias consideradas fundamentais para a materialização da indústria 4.0. No entanto, para Sharma et al. (2021) existem oito componentes (tecnologias) fundamentais, conforme ilustra a imagem seguinte (Figura 2).

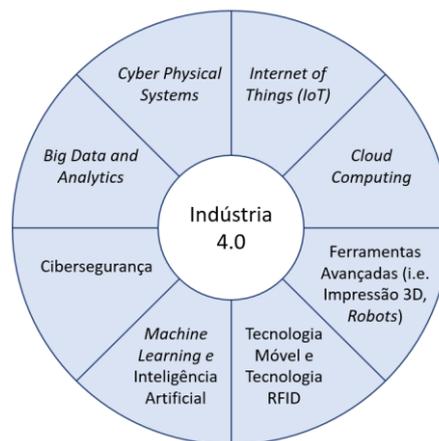


Figura 2 - Componentes da indústria 4.0. Adaptado de Sharma et al. (2021)

No anexo 1, apresenta-se na tabela I, uma definição para cada uma das tecnologias acima identificadas.

A indústria 4.0, através da implementação das suas tecnologias, associa-se à digitalização das indústrias e empresas pertencentes aos diferentes setores de atividade. No caso do setor agrícola, destaca-se o impacto que tem para a melhoria da qualidade da informação obtida ao nível das suas operações e a mais-valia das tecnologias utilizadas para a recolha, armazenamento, processamento, gestão e partilha de dados. Neste campo, as tecnologias de *Big Data* e Inteligência Artificial desempenham um papel preponderante, na medida em que a tecnologia de *Big Data* permite o tratamento de um grande volume de dados recolhidos em tempo real e a tecnologia de inteligência artificial permite a transformação destes dados em conhecimento e valor acrescentado (Araújo et al., 2021).

Neste sentido, e apesar da importância de todas as tecnologias pertencentes a indústria 4.0, o presente estudo centra-se no impacto que as tecnologias de *Big Data* e Inteligência Artificial têm na gestão das operações, pois dentro do fluxo de dados existente entre as diferentes tecnologias acima referidas, estas são as responsáveis pela análise e tratamento de dados, o que no caso do setor agrícola é indispensável para o alcance das mais-valias associadas a uma gestão das operações agrícolas assente nos dados. Saiz-Rubio & Rovira-Más (2020) destacam a importância destas tecnologias, em particular para o setor agrícola, ao salientar que à medida que os dados se tornam no elemento-chave da agricultura moderna, os avanços registados ao nível da sua gestão estão a fazer crescer exponencialmente a agricultura inteligente e a apoiar os produtores na tomada de decisões críticas.

2.3 O impacto da indústria 4.0 na gestão das operações

As operações representam um papel fundamental dentro de qualquer organização que tenha como missão a criação e entrega de bens e/ou prestação de serviços a clientes. A sua gestão é, por isso, um elemento-chave para que as empresas possam obter vantagens competitivas e melhorem o seu crescimento (Julião & Gaspar, 2021).

A transformação digital das operações através da introdução de novas tecnologias, contribui positivamente para a criação de novas oportunidades e desafios para a sua gestão. As novas tecnologias possibilitam aos gestores o acesso, armazenamento e processamento de grandes quantidades de dados, recolhidos de diferentes fontes complementares, tanto internas como externas aos processos, dando um forte contributo ao nível da gestão operacional (Julião & Gaspar, 2021). No entanto, o processo de

transformação digital não se resume somente à implementação de novas tecnologias, investimento em ferramentas ou atualização de sistemas existentes. Se uma organização pretende manter-se competitiva deve estimular a sua própria inovação (Albukhitan, 2020).

Com base numa visão hierárquica das operações, dentro de uma organização existe uma tensão natural entre diferentes prioridades competitivas como, o custo, flexibilidade, rapidez e qualidade da operação, e, não sendo possível diferenciar-se nas quatro dimensões simultaneamente, a organização deve focar-se apenas numa. Para tal, a estratégia de negócio definida (e.g., quais os clientes a atingir e o que estes valorizam) ajuda a área de operações a efetuar a melhor escolha (Olsen & Tomlin, 2020).

A classificação das prioridades das operações dentro de uma organização, contribui para a conceção da arquitetura tangível das operações (isto é, o grau de integração vertical, a capacidade e o tipo de produção, transporte e ativos de MRO (*Maintenance, repair, and operations*), inventários e a distribuição geográfica destes vários elementos) bem como para a conceção dos processos e procedimentos intangíveis que definem o fluxo dos bens e informação destas operações (Olsen & Tomlin, 2020).

Assim, as tecnologias que sustentam a indústria 4.0, podem de forma isolada ou em simultâneo, aliviar alguma da tensão existente entre as quatro prioridades competitivas referidas e criar novas ofertas de valor para os clientes, novas possibilidades de conceção para a arquitetura de operações e processos associados (Olsen & Tomlin, 2020).

No campo do setor agrícola, Lezoche et al. (2020), destaca que a gestão das operações assente na exploração dos dados agrícolas assume o papel central entre as capacidades da transformação digital do setor e o alcance das suas principais preocupações.

2.4 Desafios para a estratégia da gestão de operações

Ao nível da estratégia de gestão das operações, a utilização dos dados obtidos através das tecnologias da indústria 4.0 levanta desafios aos gestores das organizações. Entre eles destacam-se dois desafios principais, nomeadamente, o de se perceber como o gestor pode automatizar a extração de conhecimento a partir dos dados recolhidos e o de equilibrar o conhecimento explícito (resultante dos dados recolhidos), com o conhecimento tácito (a partir da experiência do gestor), aquando da tomada de decisões estratégicas.

Assim, do ponto de vista da gestão, as empresas devem avaliar cuidadosamente como os dados obtidos através das tecnologias de transformação digital podem ser utilizados com sucesso e os gestores devem estimular a aquisição, partilha e aplicação dos dados de forma alinhada com a estratégia de negócio da organização. Paralelamente, os gestores devem também reconhecer a importância dos dados no processo de definição da estratégia de operações e assegurar uma dinâmica entre o conhecimento tácito e explícito, por forma a garantir que a experiência e prática dos gestores seja também tida em consideração no processo de tomada de decisão (Julião & Gaspar, 2021).

2.5 Indústria 4.0 e a gestão das operações agrícolas

2.5.1 Digitalização da gestão das operações através da aplicação das tecnologias de Big Data e Inteligência Artificial

As dinâmicas de gestão do setor agrícola são caracterizadas pela evolução existente desde as práticas agrícolas tradicionais até a denominada agricultura 4.0 (Liu et al., 2021). Esta evolução consubstancia-se em quatro fases distintas, com início na fase da agricultura 1.0 até a atual fase da agricultura 4.0 (Zhai et al., 2020).

A agricultura 4.0, através da implementação das tecnologias da indústria 4.0 no setor, possibilita a criação de uma agricultura industrial sustentável e inteligente, consubstanciada na recolha, processamento e análise de dados em tempo real, incluindo a cobertura de todos os aspetos da indústria agrícola, desde a produção de alimentos, processamento e distribuição para o consumidor final (Liu et al., 2021). Zambo et al. (2019) destaca que esta representa a interação combinada interna e externa das operações agrícolas e é capaz de disponibilizar informação digital em todos os sectores e processos agrícolas.

Um aspeto relevante para alcançar mais valias associadas à utilização das tecnologias da indústria 4.0 e, por consequência, digitalização do setor, reside na qualidade da informação obtida ao nível da exploração agrícola e nas tecnologias utilizadas para recolher, armazenar, processar, gerir e partilhar os dados (Araújo et al., 2021). Neste sentido, para a melhoria da gestão das operações agrícolas, assente na análise e tratamento dos dados recolhidos, as tecnologias de *Big Data* e Inteligência Artificial desempenham um papel importante. A tecnologia de *Big Data* fornece aos gestores *insights* preditivos sobre as operações e decisões agrícolas em tempo real (Wolfert et al., 2017) e a tecnologia de inteligência artificial permite aos programas informáticos gerarem recomendações e

insights úteis para apoiar os agricultores e gestores na tomada de decisão (Liakos et al., 2018). Araújo et al. (2021) reforça a ideia ao afirmar que a tecnologia de *Big Data* suporta o grande volume de dados e histórico de informação enquanto os métodos assentes em *Machine Learning* e Inteligência Artificial transformam estes dados e informação em valor acrescentado e conhecimento útil.

A figura 3 ilustra o fluxo de dados existente entre as principais tecnologias da Agricultura 4.0 e destaca o posicionamento e a importância das tecnologias de *Big Data* e Inteligência Artificial (IA) para a análise e tratamento dos dados.

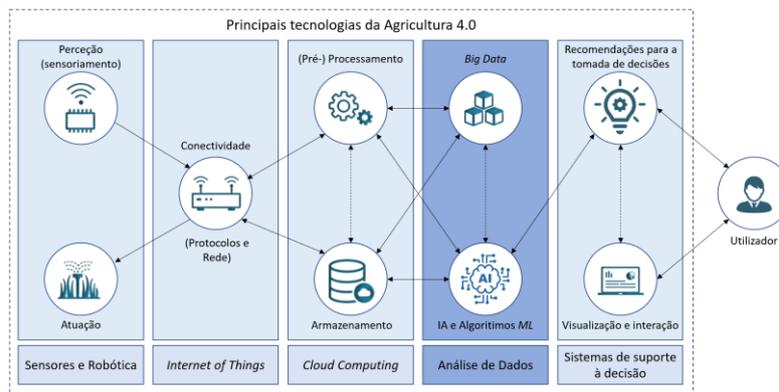


Figura 3 - Principais tecnologias da Agricultura 4.0. Adaptado de Araújo et al. (2021)

De acordo com Araújo et al. (2021), conforme ilustra a figura 3, o fluxo de informação através das tecnologias da agricultura 4.0, divide-se em cinco dimensões: sensores e robótica (inclui funções de perceção e atuação, de acordo com os requisitos do sistema utilizado), *Internet of Things* (para a comunicação de dados), computação em nuvem (para armazenamento e processamento de dados), análise de dados (inclui *Big Data* e métodos baseados em Inteligência Artificial e algoritmos de *Machine Learning* para análise e tratamento de dados), e por fim, sistemas de suporte à decisão (para a visualização dos dados, funções de recomendação e interação com o utilizador final).

2.5.2 Aplicação de *Big Data* nas operações agrícolas

A tecnologia de *Big Data* através da sua capacidade para agregar, processar e visualizar grandes conjuntos de dados complexos e de forma eficiente pode desempenhar um papel fundamental para os gestores do setor agroalimentar (Araújo et al., 2021). De acordo com Chi et al. (2016), esta tecnologia é categorizada por cinco dimensões

distintas, nomeadamente, volume, velocidade, variedade, veracidade e valorização (no anexo 2 consta uma tabela com a clarificação de cada uma das referidas dimensões).

A tecnologia de *Big Data Analytics*, na agricultura, pode desempenhar um papel relevante não só ao nível da produção, mas em toda a cadeia de abastecimento, a tecnologia pode ser utilizada para fornecer perceções produtivas nas operações agrícolas, conduzir decisões operacionais em tempo real e redesenhar processos empresariais em novos modelos de negócio (Wolfert et al., 2017). Elijah et al. (2018) reforçam a ideia de que uma indústria agrícola assente no tratamento de dados pode impactar substancialmente o comportamento da produção e do consumo.

2.5.3 Aplicação da Inteligência Artificial nas operações agrícolas

Amplamente alimentada pela grande disponibilidade de dados (*Big Data*) e pelo surgimento de técnicas sofisticadas e infraestruturas, a Inteligência Artificial (IA) tem sido uma das principais prioridades tecnológicas das organizações nos últimos anos (Davenport & Ronanki, 2018). De acordo com Mikalef & Gupta (2021), a IA replica o comportamento e as capacidades humanas na resolução de tarefas complexas da vida real, podendo ser a base para o desenvolvimento de várias técnicas, como a conceptualização, bem como para o aumento de capacidades e aptidões.

Aplicada no setor agrícola, a IA é vista como uma das soluções mais viáveis para fazer frente aos desafios alimentares e para se mitigar as necessidades de uma população em crescimento (Zha, 2020). Talaviya et al. (2020) argumentam que as soluções tecnológicas desenvolvidas a partir da tecnologia de inteligência artificial têm permitido aos agricultores produzir mais *outputs* com menos *inputs*, melhorar a qualidade da produção e garantir uma comercialização e entrada no mercado mais rápida. A sua aplicação no setor consubstancia-se no desenvolvimento de várias soluções tecnológicas capazes de reduzir o uso excessivo de água, pesticidas, herbicidas, manter a fertilidade do solo, bem como contribuir para uma utilização eficiente da energia humana e aumentar a produtividade e qualidade agrícola. Para tal, são desenvolvidas soluções tecnológicas como, soluções de irrigação, mondadura agrícola, pulverização por intermédio de sensores, *robots* e *drones* (Talaviya et al., 2020).

2.5.4 Alcance dos desafios das operações agrícolas

De acordo com Spanaki et al. (2020), as tecnologias agrícolas desenvolvidas a partir de tecnologias disruptivas, em especial, inteligência artificial e técnicas analíticas

orientadas a partir dos dados, são categorizadas em três diferentes tipos de aplicação: aplicação física, *ciber* aplicação e aplicação *ciber*-física.

Do estudo efetuado por Spanaki et al. (2020) foi possível identificarem-se alguns desafios agrícolas alcançados pelos diferentes tipos de aplicação das tecnologias agrícolas (desenvolvidas a partir da inteligência artificial e técnicas analíticas orientadas pelos dados) afetos as diferentes tipologias de operações agrícolas (operações de água, operações aéreas, operações terrestres e uma combinação entre estas) conforme demonstra o anexo 3.

Assim, as tecnologias de *Big Data* e IA impactam positivamente a gestão das operações agrícolas, na medida em que através da análise e tratamento dos dados recolhidos, possibilitam aos agricultores a melhoria da realização de atividades chave (como a monitorização remota das culturas, identificação de anomalias, etc.) úteis para apoiar os agricultores e gestores na tomada de decisão e na implementação de práticas agrícolas mais proativas, resilientes e sustentáveis (Spanaki et al., 2020).

Liu et al. (2021) organiza os diferentes desafios agrícolas alcançados pela utilização das tecnologias de inteligência artificial e *Big Data* em quatro soluções essenciais para a gestão das diferentes operações agrícolas, nomeadamente: *Robots* Agrícolas, Sistemas de Apoio à Decisão, Sistemas Móveis Inteligentes e Análises Preditivas. Relativamente à melhoria da capacidade de tomada de decisão na gestão das operações agrícolas, os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD), através da sua capacidade de processar grandes quantidades de dados e de se adaptarem a ambientes complexos, destacam-se como ferramentas relevantes para apoiar a gestão e operacionalização das diversas atividades agrícolas. Zhai et al. (2021) evidenciam este facto ao analisar a aplicação de diferentes SAD em quatro domínios específicos: planeamento de missões agrícolas, gestão de recursos hídricos, adaptação às mudanças climáticas e controlo do desperdício alimentar, conforme consta no anexo 4.

A análise efetuada por Zhai et al. (2021) evidencia a mais-valia da introdução das tecnologias da indústria 4.0, *in casu* através da utilização dos SAD, para a otimização da gestão das operações do setor através da melhoria da capacidade de tomada de decisão e contributo para a melhoria da eficiência das atividades agrícolas e aumento da produtividade.

3. METODOLOGIA

3.1. Tipo de Estudo

O presente estudo é um estudo exploratório e explicativo, na medida em que se pretendeu clarificar um tópico/fenómeno de interesse específico, a importância da adoção, por parte das empresas do setor agrícola, das tecnologias de indústria 4.0 com vista à melhoria da tomada de decisão dos seus gestores. Adicionalmente, o estudo é também do tipo quantitativo, na medida em que se procedeu a recolha e análise de dados através da realização de um questionário.

3.2. População e Amostra

O presente estudo teve como população alvo todos os trabalhadores afetos às organizações, em particular, empresas do setor agrícola português, segmentadas pelas diferentes atividades económicas do setor: agricultura, indústria de produção agrícola e comércio de produtos agrícolas, de acordo com a segmentação efetuada pelo Banco de Portugal no "estudo central de balanços - Análise do setor agrícola" do Banco de Portugal (Banco de Portugal, 2012).

Para a identificação e seleção das empresas alvo do estudo e dos seus respetivos representantes recorreu-se às páginas oficiais da internet (*websites*) das organizações relevantes do setor, isto é, *websites* das associações agrícolas, cooperativas, grupos empresariais, entre outros. Adicionalmente, foram também identificadas e contactadas empresas através da rede de contactos pessoais. No total, foi possível identificar e contactar 200 organizações do setor, das quais resultaram 42 respostas válidas ao questionário desenvolvido e partilhado. De salientar que se trata de uma amostra não probabilística por conveniência e, por este motivo, os resultados não são representativos do setor agrícola em Portugal.

Definiu-se esta população por se considerar que, através da auscultação de diferentes colaboradores, com diferentes funções e níveis hierárquicos dentro de uma organização, é possível obter-se uma perceção assente em diferentes pontos de vista sobre a forma como estes consideram que as empresas do setor estão a lidar com o atual desafio da transformação digital e adoção das tecnologias da indústria 4.0.

3.3. Recolha de Dados

No presente estudo a recolha de dados foi efetuada através de um questionário online desenvolvido na plataforma *Google Forms*, disponibilizado para preenchimento entre 21 de Julho e 2 de Setembro de 2022, o mesmo foi disseminado através do envio de um *link* via e-mail e redes sociais (*LinkedIn* e Facebook) para as empresas selecionadas e representantes das mesmas. O processo de recolha de respostas foi muito desafiante. Trata-se de um tema muito específico e pretendia-se a resposta por parte de quem, efetivamente, possua conhecimento relevante e devido ao facto do questionário ter sido disponibilizado durante o período de férias. Por este motivo foi necessário fazer um esforço adicional, através de contacto direto aos representantes das empresas selecionadas (por todos os canais de comunicação possíveis, nomeadamente e-mails e LinkedIn), por forma a obter-se o maior número de respostas possível.

A opção pela realização de questionários decorre da revisão de literatura efetuada, tendo sido possível perceber que a realização de questionários foi uma das metodologias mais utilizadas para a realização deste tipo de estudos. Também com base na revisão de literatura, para o desenvolvimento do questionário disseminado, utilizou-se como referência os questionários desenvolvidos por Ivanov et al. (2020) e Westerman et al. (2014).

3.4. Questionário

O questionário final (anexo 5) enviado ao público-alvo do presente estudo, foi dividido em cinco secções. Na 1ª secção, “Caracterização da empresa à qual pertence”, pretendeu-se caracterizar a organização do inquirido, com foco na sua dimensão, segmento de atividade dentro do setor agrícola e atividade desempenhada pelo inquirido. Na 2ª secção, “Nível de consciência sobre o desafio da transformação digital” pretendeu-se avaliar a perceção que o inquirido tem sobre o nível de consciência que a liderança da sua organização tem relativamente ao desafio da transformação digital. Na 3ª Secção, “Consciência do ponto de partida da organização para a realização da transformação digital”, pretendeu-se avaliar a perceção que o inquirido tem sobre o nível de conhecimento da liderança da sua organização sobre os passos iniciais necessários para a realização de uma transformação digital. Na 4ª secção, “Alinhamento da liderança executiva da organização em torno de uma visão digital partilhada”, pretendeu-se avaliar a perceção do inquirido sobre o nível de alinhamento (visão comum) existente dentro da

liderança da sua organização. Por último, na 5ª Secção, “Indústria 4.0 e suas tecnologias”, pretendeu-se avaliar o nível de conhecimento do inquirido relativamente ao conceito de indústria 4.0 e as suas tecnologias, verificar se a sua organização utiliza alguma das tecnologias, e em caso afirmativo, avaliar o nível de satisfação e perceber-se quais são na sua opinião, as principais limitações para a realização de uma transformação digital assente na implementação das tecnologias da indústria 4.0.

3.5. Tratamento de dados

Com o objetivo de se promover uma melhor análise aos dados recebidos, as respostas ao inquérito foram transferidas da plataforma *Google Forms* para o “Microsoft Excel”, que permitiu o desenvolvimento de gráficos e tabelas para a análise descritiva e apresentação dos dados finais. Relativamente às questões 5 a 13, procedeu-se à análise das classificações obtidas e interpretação dos seus valores de acordo com a abordagem proposta por Westerman et al. (2014), resultando no somatório dos vários itens de cada escala. Relativamente às questões 14, 17, 18 e respetivas subalíneas (questões em escala de Likert), procedeu-se ao cálculo da média e desvio-padrão para cada uma. Adicionalmente, para todas as questões foram calculadas as respetivas frequências de resposta e valores percentuais. Adicionalmente, procedeu-se à desagregação da amostra de acordo com a dimensão das empresas, criando-se duas categorias. A primeira, reunindo as micro e pequenas empresas e, a segunda, reunindo as empresas de média e grande dimensão. Com base nestas categorias, considerando as características dos dados e a dimensão da amostra, recorreu-se ao teste U de Mann-Whitney (Sarstedt & Mooi, 2019) para avaliar se existem diferenças estatisticamente significativas na resposta às várias questões formuladas.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Caracterização da amostra final

A amostra final alcançada no presente estudo foi de 43 respostas, das quais, 42 foram consideradas completas e válidas. Ao nível dos segmentos do setor agrícola, o mais representado foi o segmento da agricultura (51%), seguido do segmento de comércio de produtos agrícolas (29%), indústria de produção agrícola (18%) e outros (2%), representando, este último, uma resposta respeitante a um organismo de administração

pública, conforme demonstra a tabela II. De notar que as organizações inquiridas podem pertencer a mais do que um segmento.

TABELA II

Segmentos do setor agrícola das organizações dos inquiridos		
Segmento do setor agrícola	Frequência	Percentagem
Agricultura	26	51%
Comércio de produtos Agrícolas	15	29%
Indústria de produção Agrícola	9	18%
Outras	1	2%
Total	51	100%

Relativamente à dimensão das organizações, a mais representada foi a de micro dimensão (36%), seguida da organização de média dimensão (31%), pequena (19%) e grande dimensão (14%), de acordo com a tabela III. Para a análise subsquente, conforme referido, foram criadas duas categorias.

TABELA III

Dimensões das organizações dos inquiridos		
Dimensão da organização	Frequência	Percentagem
Micro	15	36%
Pequena	8	19%
Média	13	31%
Grande	6	14%
Total	42	100%

Nota: Classificação da dimensão das organizações de acordo com a classificação do Instituto Nacional de Estatística (INE).

Ao nível das regiões de Portugal nas quais os inquiridos indicaram ter operação, com base na NUTII, a mais representada foi a região do Alentejo (26%), seguida da região Norte (22%), Área Metropolitana de Lisboa (16%), região Centro (13%) e Algarve (13%), Região Autónoma dos Açores (7%) e Região Autónoma da Madeira (5%), de acordo com tabela IV.

TABELA IV

Regiões das organizações dos inquiridos		
Região	Frequência	Percentagem
Norte	19	22%
Centro	11	13%
Área Metropolitana de Lisboa	14	16%
Alentejo	23	26%
Algarve	11	13%
Região Autónoma dos Açores	6	7%
Região Autónoma dos Madeira	4	5%
Total	88	100%

De notar que também na presente questão, que as organizações inquiridas podem ter operação em mais do que uma região.

4.2 Nível de consciência sobre o desafio da transformação digital

Com o objetivo de se avaliar a perceção dos inquiridos sobre o nível de consciência que a liderança da sua organização tem para com o desafio da transformação digital (TD), foi seguida a abordagem proposta por Westerman et al. (2014), colocando-se três questões para este fim (perguntas 5,6 e 7 do questionário) e os inquiridos classificaram cada uma com base numa escala de 1 a 7 (1 = discordo totalmente; 4 = não concordo nem discordo; e 7 = concordo totalmente). Após a soma conjunta da classificação atribuída, interpretaram-se os resultados da seguinte forma (de acordo com a abordagem proposta por Westerman et al. (2014)):

- Soma das classificações superiores a 15 (>15) - a empresa na qual o inquirido trabalha compreende o desafio da transformação digital.
- Soma das classificações no intervalo entre 9 a 15 (9-15) - a empresa na qual o inquirido trabalha deve identificar os aspetos que atualmente estão em falha e trabalhar para corrigi-los.
- Soma das classificações inferiores a 9 (<9) - a empresa na qual o inquirido trabalha necessita efetuar iniciativas específicas e/ou programas de sensibilização e descoberta digital.

Conforme demonstra a tabela V, com base na abordagem proposta por Westerman et al. (2014), das classificações obtidas, a maioria dos inquiridos considera que a sua organização compreende o desafio da transformação digital (67%), e os restantes consideram que a empresa na qual trabalham deve identificar os aspetos que atualmente estão em falha e trabalhar para corrigi-los (33%).

TABELA V

Soma das classificações obtidas nas perguntas presentes na secção "Nível de consciência sobre o desafio da transformação digital"

Soma das classificações	Frequência	Percentagem
>15	28	67%
9 a 15	14	33%
< 9	0	0%
Total	42	100%

Nota: A coluna “soma das classificações” diz respeito à soma das classificações obtidas às questões nº 5,6 e 7

Na figura seguinte, figura nº 4, apresenta-se a classificação obtida por dimensão de caracterização (segmentos do setor agrícola, regiões e dimensões das organizações), sendo possível comparar-se estes com os resultados totais obtidos.

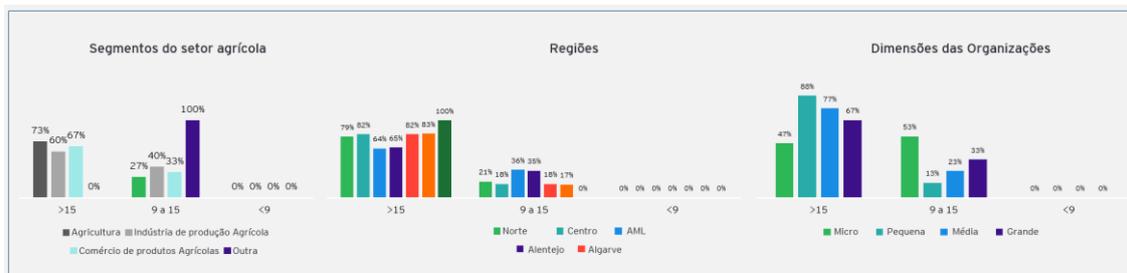


Figura 4 - Classificação obtida nas questões 5,6 e 7 do questionário por dimensão de caracterização

Com base nos resultados obtidos, foi possível verificar que a dimensão da empresa condicionou o nível de consciência sobre o desafio da transformação digital, na medida em que nas microempresas, a maioria dos inquiridos considera que a empresa na qual trabalha deve identificar os aspetos que atualmente estão em falha e trabalhar para corrigi-los, enquanto que nas restantes dimensões, a maioria considera que a empresa na qual trabalha compreende o desafio da transformação digital. Por outro lado, analisando as restantes dimensões, foi possível verificar que quanto maior a dimensão da empresa,

menor o valor percentual dos inquiridos que consideram que a sua empresa compreende o desafio da transformação digital. A dimensão com maior destaque a este nível foi a pequenas empresas. (Os dados podem ser consultados no anexo 8).

Complementarmente estudou-se estatisticamente se o perfil das respostas diferia de acordo com a dimensão das organizações. Os resultados do teste U de Mann-Whitney revelam que a diferença entre os grupos não é estatisticamente significativa ($U = 180$; $z = -0,981$; $p = 0,327$), pelo que não se rejeita a hipótese de que o nível de consciência é independente da dimensão das empresas.

4.3 Consciência do ponto de partida da organização para a realização da transformação digital

Com o objetivo de se avaliar a percepção que o inquirido tem sobre o nível de conhecimento da liderança da sua organização relativamente aos passos que são necessários para a materialização de uma transformação digital, foi seguida a abordagem proposta por Westerman et al. (2014). Assim, colocaram-se três questões (perguntas 8, 9 e 10 do questionário), tendo os inquiridos classificados cada uma com base numa escala de 1 a 7 (1 = discordo totalmente; 4 = não concordo nem discordo; e 7 = concordo totalmente). Após a soma da classificação atribuída, interpretaram-se os resultados da seguinte forma (de acordo com a abordagem proposta por Westerman et al. (2014)):

- Soma das classificações superiores a 16 (>16) - a organização na qual o inquirido trabalha sabe em que ponto está na sua trajetória de transformação digital.
- Soma das classificações no intervalo entre 7 a 16 (7-16) - a organização na qual o inquirido trabalha deve definir um plano claro para a realização de uma transformação viável.
- Soma das classificações inferiores a 7 (<7) - a organização na qual o inquirido trabalha deve fazer uma avaliação da sua maturidade digital e identificar as melhores práticas.

Conforme demonstra a tabela VI, com base na abordagem proposta por Westerman et al. (2014), metade dos inquiridos considera que a sua organização sabe em que ponto está e qual é a sua trajetória de transformação digital (50%), enquanto 43% considera que a organização na qual trabalha deve definir um plano claro para a realização de uma

transformação viável. Uma pequena minoria (7%) considera que a sua organização deve fazer uma avaliação da sua maturidade digital e identificar as melhores práticas.

TABELA VI

Soma das classificações obtidas nas perguntas presentes na secção "Consciência do ponto de partida da organização para a realização da transformação digital"

Soma das classificações	Frequência	Percentagem
>16	21	50%
7 a 16	18	43%
< 7	3	7%
Total	42	100%

Nota: A coluna “soma das classificações” diz respeito à soma das classificações obtidas às questões nº 5, 6 e 7

Comparando os resultados totais obtidos com os resultados alcançados nas diferentes dimensões de caracterização das organizações dos inquiridos, destacam-se as dimensões de micro e médias empresas, em que, contrariamente, a maioria dos inquiridos destes segmentos, considera que a organização na qual trabalha deve definir um plano claro para a realização de uma transformação viável (47% e 54% respectivamente), conforme demonstra a figura 5.

Na figura seguinte, figura nº 5, apresenta-se a classificação obtida por dimensão de caracterização (segmentos do setor agrícola, regiões e dimensões das organizações), sendo possível comparar-se estes com os resultados totais obtidos.

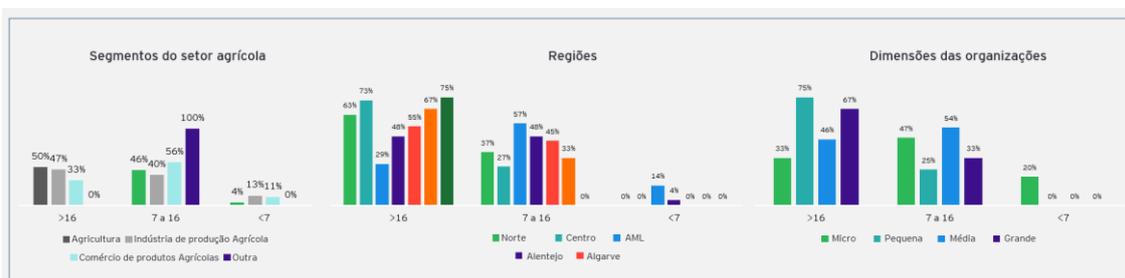


Figura 5 - Classificação obtida às questões nº 8, 9 e 10 do questionário

Com base nos resultados obtidos, foi possível verificar que a dimensão das empresas condicionou o nível de consciência sobre o desafio da transformação digital, para as empresas de dimensão “pequena” e “grande”, a maioria dos inquiridos considera que a

empresa na qual trabalha sabe aonde está e qual é a sua trajetória de transformação digital (75% e 67% respectivamente). No entanto as de “micro” e “média” dimensão, consideram que a empresa na qual trabalha deve definir um plano claro para a realização de uma transformação viável (47% e 54% respectivamente). Os resultados obtidos podem ser consultados no anexo 8. Todavia, a análise estatística mais detalhada revela que, apesar das diferenças existentes e aqui detalhadas, estatisticamente não são significativas quando comparadas as micro e pequenas empresas com as médias e grandes empresas ($U = 207$; $z = -0,292$; $p = 0,770$).

4.4 Alinhamento da liderança executiva da organização em torno de uma visão digital partilhada

Com o objetivo de se avaliar a percepção do inquirido sobre o nível de alinhamento (visão comum) existente dentro da liderança da sua organização, foi também seguida a abordagem proposta por Westerman et al. (2014). Colocaram-se três questões para este fim (perguntas 11,12 e 13 do questionário) e os inquiridos classificaram cada uma com base numa escala de 1 a 7 (1 = discordo totalmente; 4 = não concordo nem discordo; e 7 = concordo totalmente), e após a soma conjunta da classificação atribuída, interpretaram-se os resultados da seguinte forma:

- Soma das classificações superiores a 16 (>16) - a liderança da organização na qual o inquirido trabalha, está alinhada numa visão digital partilhada.
- Soma das classificações no intervalo entre 7 a 16 (7-16) – a liderança executiva da organização na qual o inquirido trabalha tem aspetos em falha e deve trabalhar em equipa para corrigi-los.
- Soma das classificações inferiores a 7 (<7) - a liderança executiva da organização na qual trabalha, deve realizar uma iniciativa estruturada para alinhamento dos seus líderes.

Conforme demonstra a tabela VII, com base na abordagem proposta por Westerman et al. (2014), pouco mais de metade dos inquiridos considera que a liderança executiva da organização na qual trabalha está alinhada numa visão digital (52%), enquanto 43% considera que a sua liderança executiva tem aspetos em falha e deve trabalhar em equipa para corrigi-los. Uma pequena minoria (5%) considera que a liderança executiva da organização deve realizar uma iniciativa estruturada para alinhamento dos seus líderes.

TABELA VII

Soma das classificações obtidas nas perguntas presentes na secção “Alinhamento da liderança executiva da organização em torno de uma visão digital partilhada.

Soma das classificações	Frequência	Percentagem
>16	22	52%
7 a 16	18	43%
< 7	2	5%
Total	42	100%

Nota: A coluna “soma das classificações” diz respeito à soma das classificações obtidas às questões nº 11,12 e 13

Comparando os resultados totais obtidos com os resultados alcançados nas diferentes dimensões de caracterização das organizações dos inquiridos, destacam-se a dimensão de microempresas, em que, contrariamente, a maioria deste segmento (60%) considera que a sua liderança executiva tem aspetos em falha e deve trabalhar em equipa para corrigi-los, conforme demonstra a figura 4.

Na figura seguinte, figura nº 6, apresenta-se a classificação obtida por dimensão de caracterização (segmentos do setor agrícola, regiões e dimensões das organizações), sendo possível comparar-se estes com os resultados totais obtidos.



Figura 6 - Classificação obtida às questões nº 11,12 e 13

Com base nos resultados obtidos foi possível verificar que a dimensão das empresas condicionou a percepção sobre o alinhamento da liderança executiva da organização em torno de uma visão digital partilhada, a dimensão das grandes empresas destaca-se por ser a dimensão em que a maioria dos inquiridos tem maior valor percentual (83%) No entanto, aqui importa salientar que na dimensão das “micro” empresas a maioria dos inquiridos considera que a liderança executiva da organização na qual trabalha tem aspetos em falha e deve trabalhar em equipa para corrigi-los, contrariamente às restantes

três. Os resultados podem ser consultados no anexo 8. Sob o ponto de vista estatístico, não obstante as indicações referidas, as diferenças entre as maiores (médias e grandes) e as empresas mais pequenas (micro e pequenas) não são estatisticamente significativas ($U = 181$; $z = -0,956$; $p = 0,339$).

4.5 Indústria 4.0 e suas tecnologias

A primeira questão da quarta secção do questionário teve como objetivo identificar o nível de conhecimento do inquirido relativamente ao conceito de indústria 4.0 e suas tecnologias. Dos resultados obtidos, destaca-se o número de inquiridos que indicaram conhecer parcialmente o conceito (36%), seguindo-se os inquiridos que indicaram conhecer totalmente e os que se consideram neutros (nem discordam, nem concordam) (24%), com menor expressão, verificou-se os inquiridos que indicaram discordar parcialmente (12%) e os que discordam totalmente.

TABELA VIII

Classificação à questão “Conheço o conceito de indústria 4.0 e suas tecnologias?”		
Classificação	Frequência	Percentagem
1-Discordo totalmente	2	5%
2-Discordo parcialmente	5	12%
3-Neutro	10	24%
4-Concordo parcialmente	15	36%
5-Concordo totalmente	10	24%
Total	42	100%

Adicionalmente, destaca-se o facto de existirem mais inquiridos com respostas positivas (60%) do que negativas (17%). De acordo com a informação presente no anexo 6, em média, os inquiridos concordam parcialmente (4) com a afirmação “Conheço o conceito de indústria 4.0 e suas tecnologias”.

Com a questão seguinte da presente secção, pretendeu-se aferir o grau de utilização de quatro tecnologias específicas da indústria 4.0. Dos resultados obtidos, destaca-se pela positiva a utilização da tecnologia de *Big Data Analytics* (34%), seguida da tecnologia de Internet das coisas (IoT) (20%) e Cloud computing (19%). Pela negativa, destaca-se a reduzida utilização da tecnologia Robótica Avançada (Robots) (4%) e grande

número de inquiridos que indicaram não utilizar nenhuma das tecnologias indicadas (20%), conforme demonstra o gráfico 1. De notar que nesta questão os inquiridos puderam escolher mais do que uma opção. Cruzando o número de tecnologias utilizadas com a dimensão das empresas, com recurso ao teste U de Mann-Whitney, sobressai que existe uma diferença estatisticamente significativa no número de tecnologias adoptadas pelas empresas mais pequenas (micro e pequenas) e as maiores empresas (médias e grandes). Com efeito, confirma-se que as empresas de maior dimensão utilizam maior número de tecnologias ($U = 122$; $z = -2,524$; $p = 0,012$).

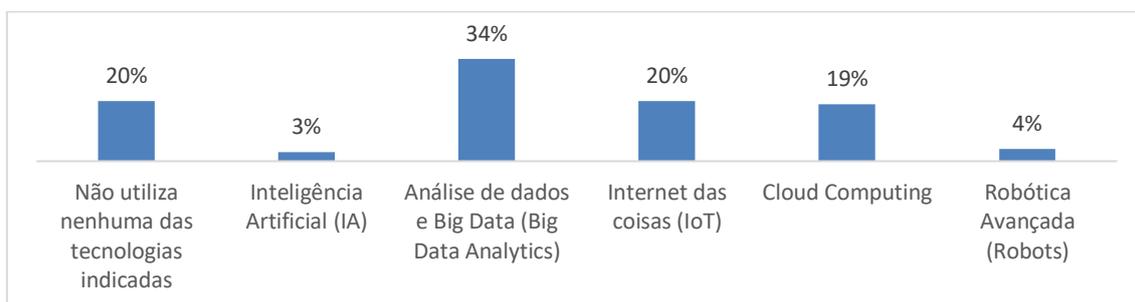


Gráfico 1- Tecnologias da indústria 4.0 utilizadas pelos inquiridos

Na terceira questão da presente secção, pretendeu-se identificar o número de inquiridos cujo a sua organização tenha iniciado alguma das etapas, definidas por Albukhitan (2020), para o desenvolvimento de uma estratégia de transformação digital. Dos resultados obtidos, destaca-se de forma negativa, o elevado número de inquiridos que indicaram não ter iniciado nenhuma das etapas. Por outro lado, destaca-se o número de inquiridos que indicou ter iniciado um plano de implementação (20%), de seguida os que indicaram estar a efetuar o ajustamento da cultura e infraestruturas da organização (16%), bem como os que iniciaram a etapa de criação da visão e objetivos da transformação digital (11%). Com menor expressão encontram-se os inquiridos que indicaram ter iniciado a etapa da conceção da experiência do utilizador final e do colaborador (9%), os que iniciaram a revisão e seleção de soluções e fornecedores (7%),

e por fim, os que iniciaram a avaliação da capacidade de transformação digital das organizações (2%), conforme demonstra o gráfico 2.

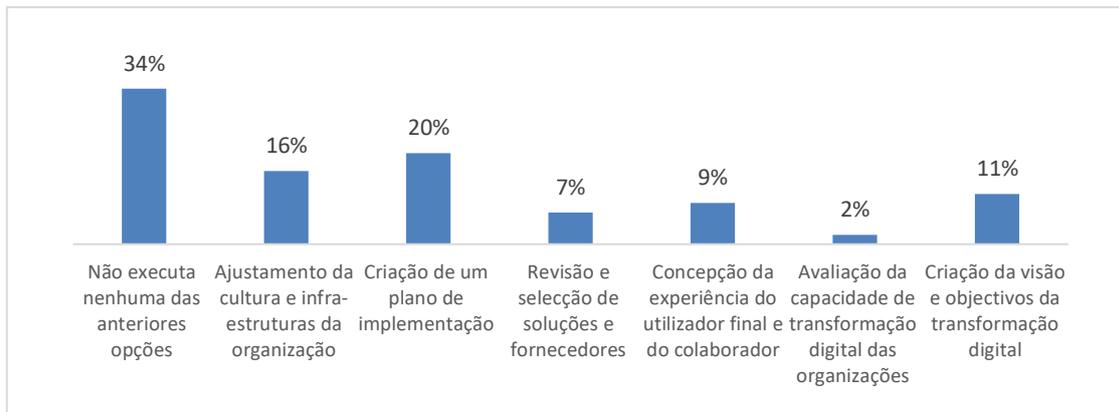
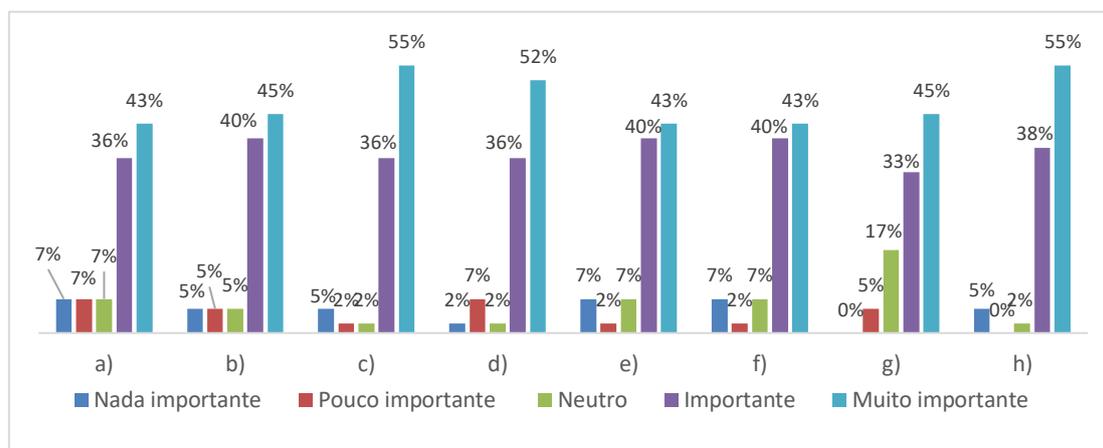


Gráfico 2 - Etapas para o desenvolvimento de uma estratégia de transformação digital

A quarta questão da presente secção, teve como objetivo perceber o grau de importância que as organizações do setor agrícola atribuem às diferentes limitações apresentadas, para a adoção das tecnologias da indústria 4.0, conforme demonstra o gráfico 3. Os inquiridos atribuíram a mesma importância a todas as limitações (anexo 6).

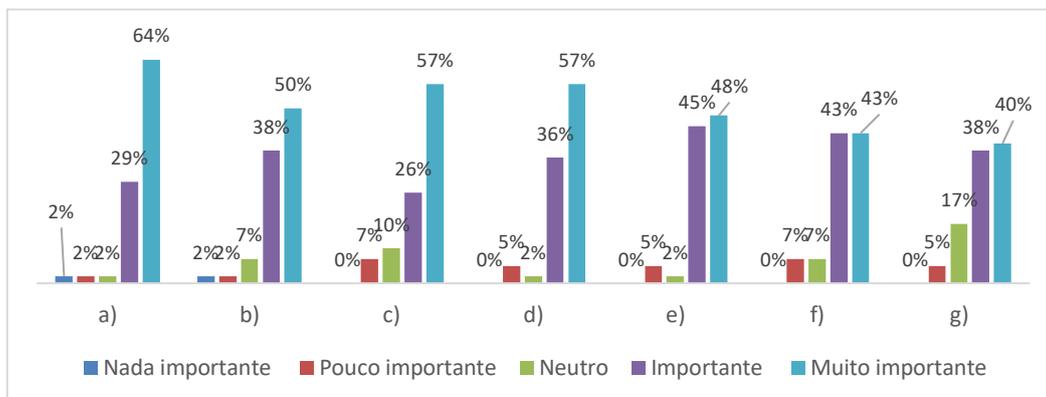


a) Falta de aceitação por parte dos trabalhadores; b) Falta de percepção das vantagens competitivas por parte das empresas; c) Dificuldade no acesso ao capital; d) dificuldade em encontrar-se trabalhadores com as competências necessárias; e) Falta de compreensão sobre o fenómeno da indústria 4.0; g) Falta de visão estratégica; h) Necessidade de requalificação dos trabalhadores;

Gráfico 3- Nível de importância atribuído às limitações existentes para a adoção das tecnologias da indústria 4.0 por parte das empresas pertencentes ao setor agrícola

Com a quinta questão da presente secção, pretendeu-se perceber o grau de importância que as organizações do setor atribuem às diferentes medidas de superação dos desafios sentidos e de contributo para o aumento do nível de implementação das tecnologias pertencentes à indústria 4.0 (gráfico 4). De acordo com a informação presente no anexo 6, em média, dos resultados obtidos, os inquiridos atribuíram o maior nível de

importância, (5) “muito importante”, à existência de uma maior divulgação de informação relevante sobre a temática e apresentação das suas mais-valias, e atribuíram o mesmo nível de importância às restantes medidas, (4) importante.



a) Maior divulgação de informação relevante sobre a temática e apresentação das suas mais-valias; b) Devem ser realizados cursos de especialização / formação sobre a sua utilização; c) Devem ser disponibilizadas sessões DEMO (sessões de demonstração); d) Deve existir maior facilidade de acesso a programas específicos de digitalização do sector agrícola; e) Devem ser desenvolvidos fundos específicos de apoio; f) Deve existir maior investimento governamental; g) Os custos de implementação devem ser reduzidos.

Gráfico 4- Nível de importância atribuído às opções disponibilizadas para a superação dos desafios sentidos e aumento do nível de implementação das tecnologias pertencentes à indústria 4.0 no sector agrícola

Com a sexta e sétima questões da presente secção pretendeu-se avaliar o nível de satisfação dos inquiridos, a nível operacional e financeiro, relativamente a utilização nas suas operações das tecnologias da indústria 4.0. Com base nos resultados obtidos, focou-se a análise no nível de satisfação atribuído as tecnologias de *Big Data Analytics* e Inteligência Artificial. Isto é, cruzaram-se os resultados obtidos na segunda questão desta secção com a sexta e sétima respetivamente, tabela IX.

Da análise efetuada, do ponto de vista operacional, dos inquiridos que indicaram utilizar a tecnologia *Big Data*, a maioria indica estar satisfeito (52%) e muito satisfeito (22%), os restantes níveis de satisfação apresentam o mesmo nível percentual (4%). Relativamente aos inquiridos que utilizam a tecnologia de Inteligência Artificial, os inquiridos indicaram estar proporcionalmente muito satisfeitos (50%) e satisfeitos (50%).

TABELA IX

Nível de satisfação do ponto de vista operacional com o desempenho das tecnologias de *Big Data* e Inteligência Artificial

Tecnologia utilizada	Nível de satisfação do ponto de vista operacional com o desempenho das tecnologias da indústria 4.0 (%)				
	1	2	3	4	5
Análise de dados e <i>Big Data</i>	4%	4%	4%	52%	22%
Inteligência Artificial (IA)	0%	0%	0%	50%	50%

1- Muito insatisfeito (a) 2- Insatisfeito (a) 3- Nem insatisfeito (a), nem satisfeito (a) 4- Satisfeito (a) 5 – Muito Satisfeito (a)

De notar que na tabela não estão representados os valores correspondentes aos inquiridos que indicaram não utilizar nenhuma tecnologia da indústria 4.0. No anexo 7, pode ser encontrada uma tabela com indicação da percentagem de utilização referente a cada tecnologia, incluindo o número e percentagem de inquiridos que indicaram não utilizar nenhuma das mesmas.

Do ponto de vista financeiro, dos inquiridos que indicaram utilizar a tecnologia de *Big Data*, Tabela X, a maioria indica estar satisfeito (52%) e muito satisfeito (22%), dos restantes, 30% indicaram não estar nem satisfeitos nem insatisfeitos e uma minoria indicou estar muito insatisfeito (4%). Relativamente aos inquiridos que utilizam a tecnologia de Inteligência Artificial, os inquiridos indicaram estar proporcionalmente satisfeitos (50%) e “Nem insatisfeitos, nem satisfeitos” (50%).

TABELA X

Nível de satisfação do ponto de vista financeiro com o desempenho das tecnologias de *Big Data* e Inteligência Artificial

Tecnologia utilizada	Nível de satisfação do ponto de vista financeiro com o desempenho das tecnologias da indústria 4.0 (%)				
	1	2	3	4	5
Análise de dados e <i>Big Data</i>	4%	0%	30%	52%	4%
Inteligência Artificial (IA)	0%	0%	50%	50%	0%

De notar que na tabela não estão representados os valores correspondentes aos inquiridos que indicaram não utilizar nenhuma tecnologia da indústria 4.0. No anexo 7, pode ser

encontrada uma tabela com indicação da percentagem de utilização referente a cada tecnologia, incluindo o número e percentagem de inquiridos que indicaram não utilizar nenhuma das mesmas.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Dos resultados obtidos, de acordo com a interpretação e abordagem proposta por Westerman et al. (2014), foi possível verificar-se que a maioria dos inquiridos tem a percepção de que a sua organização compreende o desafio da transformação digital, sabe em que ponto está e qual a trajetória que deve seguir, e é detentora de uma liderança alinhada numa visão digital comum. De acordo com Julião & Gaspar (2021), foi possível verificar-se que estas organizações já compreenderam que a introdução de novas tecnologias nas suas operações, contribuem positivamente para a criação de novas oportunidades e desafios para a sua gestão, e que, em linha com o estudo efetuado por Spanaki et al. (2020), compreenderam que através destas são capazes de alcançar diferentes tipos de desafios agrícolas e apoiar os gestores na tomada de decisão e na implementação de práticas agrícolas mais proativas, resilientes e sustentáveis.

No entanto, após interpretação dos resultados de acordo com a abordagem proposta por Westerman et al. (2014), existe ainda um caminho a ser percorrido por parte de algumas das organizações representadas pelos inquiridos, na medida em que uma considerável parte dos mesmos, indicou ter a percepção de que a sua organização necessita de identificar e corrigir os aspetos que estão em falha para a materialização de uma transformação digital, deve definir um plano claro para a sua realização e a sua liderança deve melhorar o seu alinhamento em torno de uma visão digital comum. De realçar que apesar de representarem uma parte reduzida dos resultados, existem inquiridos que consideram que as suas organizações ainda estão numa fase inicial ao nível da consciência do ponto de partida para a realização de uma transformação digital e que devem por isso fazer uma avaliação da sua maturidade digital, identificar as melhores práticas e realizar uma iniciativa estruturada para alinhamento dos seus líderes.

Importa também salientar o facto de que após análise dos resultados totais obtidos (questões 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13) e comparação com os resultados alcançadas por dimensão de caracterização (segmento do setor agrícola, regiões e dimensão da

organização) verificou-se que a percepção dos inquiridos relativamente ao nível de consciência sobre o desafio da transformação digital, do ponto de partida para a sua realização e alinhamento da liderança executiva, variou consoante a dimensão da organização, embora a diferença não seja estatisticamente significativa. Na maioria dos casos, quanto maior a dimensão da organização melhor a percepção demonstrada.

Relativamente ao nível de conhecimento dos inquiridos para com o conceito de indústria 4.0 e suas tecnologias, em média, estes indicaram conhecer parcialmente o conceito, o que apesar de positivo, demonstra que nem todos conhecem devidamente o conceito e as mais-valias associadas a sua introdução no setor agrícola, materializando o conceito da agricultura 4.0 (Zhai et al., 2020). Tal realça a necessidade de se realizarem mais iniciativas no setor capazes de transmitir a ideia de que através da implementação das tecnologias da indústria 4.0, é possível realizar-se uma agricultura industrial sustentável e inteligente, consubstanciada na recolha, processamento e análise de dados em tempo real, incluindo a cobertura de todos os aspetos da indústria agrícola, desde a produção de alimentos, processamento e distribuição para o consumidor final (Liu et al., 2021). Esta necessidade é fortalecida com a verificação de que 20% dos inquiridos não utiliza nenhuma das tecnologias da indústria 4.0 apresentadas e 34% não iniciou ainda nenhuma etapa para o desenvolvimento de uma estratégia de transformação digital proposta por Albukhitan (2020), o que, paralelamente, demonstra uma falta de reconhecimento por parte das organizações para a importância da gestão dos dados no processo de definição estratégica das suas operações (Julião & Gaspar, 2021), ou como argumenta Westerman et al. (2014), estas ainda não perceberam que ao materializarem uma transformação das suas operações, através da implementação das novas tecnologias, podem criar vantagens operacionais difíceis de serem copiadas.

De acordo com o anteriormente exposto, está o facto de que em média, os inquiridos classificaram como importantes (4) todas as limitações presentes no questionário, entre elas, a falta de compreensão sobre o fenómeno da indústria 4.0 e o facto de que, em média, os inquiridos atribuíram o maior grau de importância (5) à medida de “Maior divulgação de informação relevante sobre a temática e apresentação das suas mais-valias” para a superação dos desafios sentidos e aumento do nível de implementação das tecnologias pertencentes à indústria 4.0 no sector agrícola.

Em linha com as mais-valias identificadas na revisão de literatura, relativamente à implementação das tecnologias da indústria 4.0 nas operações do setor agrícola, está o facto de 34% dos inquiridos ter indicado utilizar a tecnologia de *Big Data Analytics*, e destes 74% indicarem estarem satisfeitos ou muito satisfeitos com o seu desempenho a nível operacional e 56% a nível financeiro. O que demonstra a mais-valia da introdução das tecnologias da indústria 4.0, em particular da Big Data e Inteligência Artificial, na gestão das operações, na medida que estas permitem a recolha, análise e processamento de grandes quantidades de dados, sendo úteis para a tomada de decisão dos agricultores e gestores, bem como o contributo para o aumento da eficiência, produtividade e lucro das operações agrícolas (Zhai et al., 2021).

Pela positiva, destaca-se também o fato de se ter verificado a utilização das restantes tecnologias da indústria 4.0, apesar de algumas com muito pouca expressão, e de se ter verificada a existência de organizações que já iniciaram alguma das medidas propostas por Albukhitan (2020) para o início de uma transformação digital.

Importa salientar o reduzido número de inquiridos que indicou utilizar a tecnologia de inteligência artificial (apenas 2), o que limita a retirada de conclusões em relação a esta tecnologia, mas permite acentuar uma vez mais a necessidade de se disseminar junto das organizações do setor a mais-valia da sua utilização. Ainda assim, os 2 inquiridos que indicaram utilizar esta tecnologia, demonstraram estar “muito satisfeitos” ou “satisfeitos” com o seu desempenho a nível operacional, e um deles “satisfeito” e outro “nem satisfeito, nem insatisfeito” a nível financeiro.

Neste sentido, a análise deste estudo vai de encontro com a literatura, na medida em que se verificou a utilização por parte dos inquiridos das tecnologias da indústria 4.0, tendo a maioria indicado estarem satisfeitos a nível operacionais e financeiros, verificou-se a existência de inquiridos que indicaram que as suas organizações já iniciaram o seu processo de transformação digital por intermédio da implementação das tecnologias da indústria 4.0, e por fim, os resultados menos positivos, entre eles, as principais limitações indicadas para a adopção das tecnologias por parte das empresas, ou a reduzida utilização da tecnologia de Inteligência Artificial, destacam a importância da necessidade de se chamar a atenção das empresas do setor para este fenómeno.

6. CONCLUSÃO

6.1 *Considerações Finais*

O principal objetivo deste estudo foi o de aprofundar o impacto das tecnologias de indústria 4.0 (in casu Big Data e Inteligência Artificial) na gestão das operações agrícolas, por via da melhoria da capacidade de tomada de decisão dos seus gestores, bem como chamar a atenção das empresas do setor agrícola português para a crescente necessidade de digitalização das suas operações por via da introdução das tecnologias da 4ª revolução industrial.

Através da revisão de literatura efetuada foi possível analisar e investigar o fenómeno do conceito da indústria 4.0 e suas tecnologias, perceber o impacto e desafios que a sua introdução na gestão das operações pode originar, e em particular, perceber a mais-valia da sua aplicação na gestão das operações do setor agrícola. Neste sentido, permitiu também perceber-se a importância da digitalização das operações através da introdução destas tecnologias, em particular, a tecnologia de Big Data e Inteligência Artificial, bem como a forma como estas podem alcançar os desafios das operações agrícolas e suportar a tomada de decisão dos gestores das empresas pertencentes ao setor.

Com base na revisão de literatura, desenvolveu-se um questionário ao qual responderam 42 inquiridos pertencentes a organizações do setor, do qual foi possível recolher informação sobre a perceção que estes têm sobre a forma como as suas organizações estão a lidar com o atual desafio da transformação digital e adoção das tecnologias da indústria 4.0, e simultaneamente, chamar atenção para a importância do tema e necessidade de materializarem a sua transformação digital por intermédio da implementação destas tecnologias, indo de encontro com o segundo objetivo do presente estudo. Do questionário realizado, destaca-se, entre outros, o facto de se ter verificado a existência de organizações que ainda não utilizam nenhuma das tecnologias indicadas, que não iniciaram nenhuma etapa com vista ao desenvolvimento de uma estratégia de transformação digital e a grande necessidade de se aumentar e/ou melhorar a partilha de conhecimento relativamente as mais valias da indústria 4.0 e suas tecnologias.

O tema afigura-se como relevante para a gestão pois independentemente do setor em questão, não se espera que um gestor tenha total domínio tecnológico, no entanto, é vital que este tenha a capacidade de identificar e articular o valor do digital para o

desenvolvimento e melhoria das suas capacidades. Para além disto, dentro de qualquer indústria, as empresas que detêm as melhores operações criam maiores vantagens competitivas através de maior produtividade, eficiência e agilidade (Westerman et al., 2014). Deste modo, este estudo é um importante contributo para que as empresas do setor se apercebam das mais valias associadas a implementação das tecnologias da indústria 4.0 e iniciem o seu processo de transformação digital através das mesmas.

6.2 Limitações da Investigação

A principal limitação sentida no desenvolvimento do presente estudo foi o reduzido número de respostas obtidas ao questionário, bem como o processo de disseminação do mesmo, na medida em que apesar de terem sido identificados cerca de 200 contactos no setor, nem todos responderam favoravelmente e muitos ignoraram a solicitação.

Outra limitação da investigação prende-se com o facto do questionário ter por base a perceção dos inquiridos relativamente à forma como estes consideram que as suas organizações estão a lidar com o desafio da transformação digital e implementação das tecnologias da indústria 4.0. No entanto, tratando-se de uma perceção, esta pode ser uma perceção incorreta e não corresponder com a realidade.

6.3 Sugestões de Pesquisa Futura

Como sugestões de pesquisa futura, proponho a realização de um estudo ao setor agrícola português, com uma amostra maior, por forma a analisar-se o nível de digitalização por intermédio da implementação das novas tecnologias nas empresas do setor e o impacto económica e operacional da sua implementação.

Adicionalmente, proponho também a realização de um estudo capaz de analisar o impacto direto na gestão das organizações em geral da implementação das tecnologias da indústria 4.0 nas suas operações, com destaque para a identificação de oportunidades e melhorias.

7. BIBLIOGRAFIA

Albers, A., Gladysz, B., Pinner, T., Butenko, V., & Stürmlinger, T. (2016). Procedure for defining the system of objectives in the initial phase of an industry 4.0 project focusing on intelligent quality control systems. *Procedia Cirp*, 52, 262-267.

Alqahtani, A. Y., Gupta, S. M., & Nakashima, K. (2019). Warranty and maintenance analysis of sensor embedded products using internet of things in industry 4.0. *International Journal of Production Economics*, 208, 483-499.

Anshari, M., Almunawar, M. N., Masri, M., & Hamdan, M. (2019). Digital marketplace and FinTech to support agriculture sustainability. *Energy Procedia*, 156, 234-238.

Araújo, S. O., Peres, R. S., Barata, J., Lidon, F., & Ramalho, J. C. (2021). Characterizing the agriculture 4.0 landscape—Emerging trends, challenges and opportunities. *Agronomy*, 11(4), 667.

Bagheri, B., Yang, S., Kao, H. A., & Lee, J. (2015). Cyber-physical systems architecture for self-aware machines in industry 4.0 environment. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1622-1627.

Banco de Portugal (2012). *Estudos da Central de Balanços. Análise do Setor Agrícola*. Disponível em: <https://bpstat.bportugal.pt/conteudos/publicacoes/1294>

Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Information and Communication Engineering*, 8(1), 37-44.

Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150, 119790.

Chi, M., Plaza, A., Benediktsson, J. A., Sun, Z., Shen, J., & Zhu, Y. (2016). Big data for remote sensing: Challenges and opportunities. *Proceedings of the IEEE*, 104(11), 2207-2219.

Chiarello, F., Trivelli, L., Bonaccorsi, A., & Fantoni, G. (2018). Extracting and mapping industry 4.0 technologies using wikipedia. *Computers in Industry, 100*, 244-257.

Craigen, D., Diakun-Thibault, N., & Purse, R. (2014). Defining cybersecurity. *Technology Innovation Management Review, 4*(10),13-21.

Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G., & Sartor, M. (2020). Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions. *International Journal of Production Economics, 226*, 107617.

Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard Business Review, 96*(1), 108-116.

Economidou, S. N., & Douroumis, D. (2021). 3D printing as a transformative tool for microneedle systems: Recent advances, manufacturing considerations and market potential. *Advanced Drug Delivery Reviews, 173*, 60-69.

Elijah, O., Rahman, T. A., Orikumhi, I., Leow, C. Y., & Hindia, M. N. (2018). An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges. *IEEE Internet of things Journal, 5*(5), 3758-3773.

Gaspar, M., & Julião, J. (2021). Impacts of industry 4.0 on operations management: challenges for operations strategy. *The 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (Europe)* (pp. 57-61).

Ivanov, D., Tang, C. S., Dolgui, A., Battini, D., & Das, A. (2021). Researchers' perspectives on Industry 4.0: multi-disciplinary analysis and opportunities for operations management. *International Journal of Production Research, 59*(7), 2055-2078.

Lezoche, M., Hernandez, J. E., Díaz, M. D. M. E. A., Panetto, H., & Kacprzyk, J. (2020). Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture. *Computers in Industry, 117*, 103187.

Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors, 18*(8), 2674.

Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G. P., & Abu-Mahfouz, A. M. (2020). From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current status, enabling technologies, and research challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(6), 4322-4334.

Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.

Mikalef, P., & Gupta, M. (2021). Artificial intelligence capability: Conceptualization, measurement calibration, and empirical study on its impact on organizational creativity and firm performance. *Information & Management*, 58(3), 103434.

Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., O. Sauer, G. Schuh, W. Sihn. & Ueda, K. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *Cirp Annals*, 65(2), 621-641.

Olsen & Tomlin, B. (2020). Industry 4.0: Opportunities and challenges for operations management. *Manufacturing & Service Operations Management*, 22(1), 113-122.

Paksoy, T., Karaođlan, İ., Gökçen, H., Pardalos, P. M., & TORĖUL, B. (2016). An experimental research on closed loop supply chain management with internet of things. *Journal of Economics Bibliography*, 3(1S), 1-20.

Rojko, A. (2017). Industry 4.0 concept: Background and overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 11(5), 77-90.

Rübmann, 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 Industry*. Boston Consulting Group (BCG) Raporu.

Saiz-Rubio, V., & Rovira-Más, F. (2020). From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management. *Agronomy*, 10(2), 207.

Sarstedt, M., & Mooi, E. (2019). *A Concise Guide to Market Research: The Process, Data and Methods using IBM SPSS Statistics* (3rd ed.). London: Springer.

Sharma, A. K., Bhandari, R., Pinca-Bretotean, C., Sharma, C., Dhakad, S. K., & Mathur, A. (2021). A study of trends and industrial prospects of Industry 4.0. *Materials Today: Proceedings*, 47, 2364-2369.

Singh, J., & Dhiman, G. (2021). A survey on cloud computing approaches. *Materials Today: Proceedings*.

Spanaki, K., Karafili, E., & Despoudi, S. (2021). AI applications of data sharing in agriculture 4.0: A framework for role-based data access control. *International Journal of Information Management*, 59, 102350.

Spanaki, K., Sivarajah, U., Fakhimi, M., Despoudi, S., & Irani, Z. (2022). Disruptive technologies in agricultural operations: A systematic review of AI-driven AgriTech research. *Annals of Operations Research*, 308(1-2), 491-524. Talaviya, T., Shah, D., Patel, N., Yagnik, H., & Shah, M. (2020). Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4, 58-73.

Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading digital: Turning technology into business transformation*. Harvard Business Press.

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming—a review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80.

Yaseen, H. K., & Obaid, A. M. (2020). Big Data: definition, architecture & applications. *JOIV: International Journal on Informatics Visualization*, 4(1), 45-51.

Zambon, I., Cecchini, M., Egidi, G., Saporito, M. G., & Colantoni, A. (2019). Revolution 4.0: Industry vs. agriculture in a future development for SMEs. *Processes*, 7(1), 36.

Zha, J. (2020, December). Artificial intelligence in agriculture. *Journal of Physics: Conference Series*, 1693(1), 012058).

Zhai, Z., Martínez, J. F., Beltran, V., & Martínez, N. L. (2020). Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105256.

8. ANEXOS

Anexo 1 – Definição das tecnologias pertencentes à indústria 4.0

Tecnologias	Definição	Autor
Cyber Physical Systems	São sistemas de entidades computacionais colaborativas que estão em intensa ligação com o meio físico envolvente e os seus processos em curso, fornecendo e utilizando, simultaneamente, o acesso e o processamento de dados e serviços disponíveis na internet.	Monostori et al. (2016)
Internet of Things (IoT)	IoT é uma <i>framework</i> tecnológica emergente, concebida como uma infraestrutura de rede universal, constituída por uma rede autónoma, dispositivos e máquinas capazes de interagir e de colaborar entre si.	Alqahtani et al. (2019)
Cloud Computing	A computação em nuvem oferece a capacidade de uma rede normal e de fácil acesso <i>on-demand</i> a um conjunto comum de ferramentas informáticas configuráveis (por exemplo, redes, servidores, dados, software e serviços). Os seus critérios fundamentais, incluem a escalabilidade, adaptabilidade, extensibilidade e capacidade de gestão, para satisfazer as diversas necessidades das organizações empresariais.	Singh & Dhiman (2021); Mell et al. (2011)
Ferramentas avançadas (i.e.,	“As tecnologias de impressão 3D partilham a uniformidade da construção de	(Economidou & Douroumis, 2021)

impressão 3D, Robots)	um objeto físico através da fabricação sequencial de camadas coladas, que têm lugar numa única peça de equipamento, a impressora 3D.”	
------------------------------	---	--

Tecnologia Móvel e Tecnologia RFID (Radio Frequency Identification)	Uma infraestrutura RFID em rede, fornece automatização e estratégia altamente eficiente para a recolha e entrega de informação sobre o produto, ao nível dos seus componentes em tempo real, o que resulta na melhoria dos processos e tomadas de decisão de alto nível relativas a todo o ciclo de vida do produto.	Alqahtani et al., (2019); Paksoy et al. (2016)
--	--	--

Machine Learning e Inteligência Artificial (IA)	<i>Machine Learning</i> é a metodologia que pode ser utilizada para melhorar os resultados potenciais em termos de aprendizagem a partir da experiência, com base em dados anteriores. A IA aplica o comportamento humano associado à resolução de problemas e competências em tarefas complexas do mundo real, podendo ser a base para a conceptualização e desenvolvimento de várias técnicas, bem como para aumentar a capacidade e aptidões capazes de melhorar o desempenho.	(Spanaki et al., 2021); (Mikalef & Gupta, 2021); (Talaviya, et al., 2020)
--	--	---

Ciber-segurança	“A atividade ou processo, habilidade ou capacidade, ou estado aonde os sistemas de informação e comunicação e as informações nela contidas são protegidas e/ou defendidas contra danos,	Craig et al., (2014, p. 13)
------------------------	---	-----------------------------

utilização ou modificação não autorizada, ou exploração.”

Big Data and Analytics

Big Data representa um conjunto de dados massivos de grande estrutura, variada e complexa, com dificuldades de armazenamento, análise e visualização para outros processos e/ou resultados. Yaseen et al., (2020)

O processo de pesquisa de grandes quantidades de dados, por forma a obter-se padrões ocultos e correlações secretas denomina-se *Big Data Analytics*.

Anexo 2 – Descrição das cinco dimensões da tecnologia Big Data Analytics

Descrição das cinco dimensões da tecnologia *Big Data Analytics*

Dimensão	Explicação da dimensão
Volume	Refere-se ao conjunto de dados cujo tamanho está para além da capacidade das ferramentas típicas de software de base de dados para capturar, armazenar, gerir e analisar informação.
Velocidade	Refere-se à capacidade de adquirir, compreender e interpretar eventos à medida que estes ocorrem. Na agricultura, isto refere-se a aplicações que ocorrem em tempo real, como dados que estão a ser processados diretamente no campo para aplicar taxas variáveis de produtos químicos em equipamento com tecnologias de aplicação de taxas variáveis.
Variedade	Refere-se aos diferentes formatos de dados (vídeos, texto, voz) e aos diversos graus de complexidade. Na agricultura, muitas vezes diversas fontes de dados são utilizadas para trabalhar cenários complexos, tais como imagens e sondas de solo ou meteorológicas.
Veracidade	Refere-se à qualidade, fiabilidade e confiança global dos dados.
Valorização	Refere-se à capacidade de propagar o conhecimento, a apreciação e a inovação.

Fonte: Chi et al. (2016)

Anexo 3 – Desafios agrícolas alcançados pelas diferentes aplicações tecnológicas

Desafios agrícolas alcançados pelas diferentes aplicações tecnológicas

Tipo de aplicação da tecnologia Agrícola	Tipo de Operação	Desafio agrícola alcançado/ Impacto na operação agrícola
Tecnologias de Aplicação física	Água	Não identificado no estudo
	Aéreas	Verificação do estado das árvores
	Terrestres	Classificação da terra e das culturas
		Educação dos agricultores
Avaliação do estado das plantas		
	Cartografia da rega	
	Colheita de safra	
	Avaliação de infestações por insetos	
	Combinação entre as três operações	Monitorização dos parâmetros ambientais
Tecnologias de Ciber aplicação	Água	Planeamento da irrigação e deteção de produtos químicos de gestão; Atribuição de recursos hídricos; Avaliação do solo;
	Aéreas	Processamento de imagem para permitir uma agricultura de precisão; Modelação de emissões; Estimativa da temperatura do ar;

		Classificação do rendimento
	Terrestres	Avaliação das culturas e condições climáticas
	Combinação entre as três operações	Otimização do rendimento; Avaliação da disponibilidade de recursos naturais; Avaliação das alterações do solo e das suas implicações
Tecnologias de Aplicação Ciber-física	Água	Mimetizar a irrigação das culturas;
	Aéreas	Mapeamento de insetos nas culturas; Análise de plantas;
	Terrestres	Melhoria da rastreabilidade;
	Combinação entre as três operações	Quantificação do solo;

Fonte: Spanaki et al., (2020)

Anexo 4 – Descrição das cinco dimensões da tecnologia Big Data Analytics

Aplicação de SAD em quatro domínios específicos e diferentes

Domínio de aplicação SAD	Apoio na tomada de decisão na gestão das operações agrícolas
Planeamento de Missões agrícolas	Orientação para a programação de operações agrícolas; Apoio na definição de planos para missões de tratamento de herbicidas; Apoio na definição de viagens para veículos agrícolas;

	Apoio na definição de percursos de voo para UAV (Unmanned aerial vehicle);
Gestão de Recursos Hídricos	Relatórios de irrigação; Aconselhamento sobre sistemas de irrigação.
Adaptação às alterações climáticas	Avaliações das alterações climáticas; Aconselhamento sobre gestão agrícola no âmbito das alterações climáticas; Aconselhamento sobre o aumento da produtividade no âmbito das alterações climáticas.
Controlo do desperdício alimentar	Apoio na definição de planos de transporte e entrega de produtos (carne bovina e vinho)

Fonte: Zhai et al. (2020)

Anexo 5 – Questionário

Secção I - Caracterização da empresa à qual pertence

Responda a cada uma das seguintes questões, selecionando a opção (ou opções) que lhe parecer mais adequada.

1. A sua empresa pertence a qual dos seguintes segmentos do setor agrícola? (caso aplicável, pode selecionar mais do que uma opção):

- Agricultura
- Indústria de produção agrícola
- Comércio de produtos agrícolas
- Outra:

2. Qual a dimensão da sua empresa?

- Micro (empresa que emprega menos de 10 pessoas e cujo volume de negócios anual ou balanço total anual não excede 2 milhões de euros.)
- Pequena (empresa que emprega menos de 50 pessoas e cujo volume de negócios anual ou balanço total anual não excede 10 milhões de euros, e que não está classificada como microempresa)
- Média (empresa que emprega menos de 250 pessoas e cujo volume de negócios anual não excede 50 milhões de euros ou balanço total anual não excede 43 milhões de euros, e que não está classificada como pequena empresa e/ou microempresa.)
- Grande (empresa que emprega 250 ou mais trabalhadores e cujo o volume de negócios seja superior a 50 milhões de euros)

3. A sua empresa opera em qual das seguintes regiões (caso aplicável, pode selecionar mais do que uma opção):

- Norte
- Centro
- Área Metropolitana de Lisboa
- Alentejo
- Algarve
- Região Autónoma dos Açores
- Região Autónoma da Madeira

4. Indique por favor a função que desempenha na sua organização:

Seccão II - Nível de consciência sobre o desafio da transformação digital

Indique o seu grau de concordância com cada uma das seguintes afirmações, utilizando uma escala de 1 a 7 (em que 1 = discordo totalmente; 4 = não concordo nem discordo; e 7 = concordo totalmente).

	1	2	3	4	5	6	7
5. A liderança da minha organização reconhece a importância estratégica da transformação digital.							
6. A liderança da minha organização está satisfeita com o ritmo da transformação digital atualmente existente na indústria agrícola.							
7. A transformação digital é um elemento permanente na agenda estratégica da liderança da minha organização.							

Seccão III - Consciência do ponto de partida da organização para a realização da transformação digital

Indique o seu grau de concordância com cada uma das seguintes afirmações, utilizando uma escala de 1 a 7 (em que 1 = discordo totalmente; 4 = não concordo nem discordo; e 7 = concordo totalmente).

	1	2	3	4	5	6	7
8. A organização sabe quais são os ativos estratégicos mais importantes para a transformação digital.							
9. A organização sabe como as suas capacidades digitais se comparam com a dos seus concorrentes.							
10. A organização tem uma visão clara sobre quais são os passos iniciais mais importantes para a realização da sua transformação digital.							

Seccão IV - Alinhamento da liderança executiva da organização em torno de uma visão digital partilhada

Indique o seu grau de concordância com cada uma das seguintes afirmações, utilizando uma escala de 1 a 7 (em que 1 = discordo totalmente; 4 = não concordo nem discordo; e 7 = concordo totalmente).

	1	2	3	4	5	6	7
11. A liderança executiva da nossa organização tem uma visão alinhada para o futuro digital da empresa.							
12. A liderança executiva da nossa organização tem uma visão de transformação digital que inclui os departamentos da organização.							
13. A nossa liderança tem uma visão de transformação digital que envolve mudanças radicais comparativamente com a forma como tradicionalmente temos feito negócios.							

Secção V - Indústria 4.0 e suas tecnologias

Responda a cada uma das seguintes questões, seleccionando a opção (ou opções) que lhe parecer mais adequada.

	1	2	3	4	5
14. Conheço o conceito de indústria 4.0 e suas tecnologias?					
1- Discordo (a) totalmente; 2- Discordo (a) parcialmente; 3 – Nem discordo (a), nem concordo (a); 4-Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente					

15. No desempenho da sua atividade, a sua organização utiliza alguma das seguintes tecnologias pertencentes à indústria 4.0.

- Inteligência Artificial (IA)
- Análise de dados e Big Data (Big Data Analytics)
- Internet das coisas (IoT)
- Cloud Computing
- Robótica avançada (Robots)
- Não utilizo nenhuma das anteriores

16. A sua organização já iniciou alguma das seguintes etapas para o desenvolvimento de uma estratégia de transformação digital?

- Criação da visão e objectivos da Transformação Digital
- Avaliação da capacidade de transformação digital das organizações
- Concepção da experiência do utilizador final e do colaborador

- Revisão e seleção de soluções e fornecedores
- Criação de um plano de implementação
- Ajustamento da cultura e infra-estruturas da organização
- Não executa nenhuma das anteriores opções

17. Relativamente às limitações existentes para a adopção das tecnologias da indústria 4.0 por parte das empresas pertencentes ao setor agrícola, qual o nível de importância que atribui a cada uma das seguintes opções?

	1	2	3	4	5
Falta de aceitação por parte dos trabalhadores					
Falta de percepção das vantagens competitivas por parte das empresas					
Dificuldade no acesso ao capital					
Dificuldade em encontrar-se trabalhadores com as competências necessárias					
Falta de compreensão sobre o fenómeno da indústria 4.0					
Falta de visão estratégica					
Falta de apoio governamental (e.g programas de incentivos)					
Necessidade de requalificação dos trabalhadores					
1 – Nada importante; 2-Pouco importante; 3-Neutro; 4-Importante; 5-Muito importante					

18. Para a superação dos desafios sentidos e aumento do nível de implementação das tecnologias pertencentes à indústria 4.0 no sector agrícola, qual o nível de importância que atribui às seguintes opções:

	1	2	3	4	5
Maior divulgação de informação relevante sobre a temática e apresentação das suas mais-valias.					
Devem ser realizados cursos de especialização / formação sobre a sua utilização.					
Devem ser disponibilizadas sessões DEMO (sessões de demonstração)					
Deve existir maior facilidade de acesso a programas específicos de digitalização do sector agrícola					

Devem ser desenvolvidos fundos específicos de apoio					
Deve existir maior investimento governamental					
Os custos de implementação devem ser reduzidos.					
1 – Nada importante; 2-Pouco importante; 3-Neutro; 4-Importante; 5-Muito importante					

19. Do ponto de vista operacional, qual o nível de satisfação com o desempenho das tecnologias da indústria 4.0 na sua organização?

- A minha organização não utiliza tecnologias da indústria 4.0
- Muito insatisfeito (a)
- Insatisfeito (a)
- Nem insatisfeito (a), nem satisfeito (a)
- Satisfeito (a)
- Muito satisfeito (a)

20. Do ponto de vista financeiro, qual o nível de satisfação com o desempenho das tecnologias da indústria 4.0 na sua organização?

- A minha organização não utiliza tecnologias da indústria 4.0
- Muito insatisfeito (a)
- Insatisfeito (a)
- Nem insatisfeito (a), nem satisfeito (a)
- Satisfeito (a)
- Muito satisfeito (a)

Anexo 6 – Médias obtidas nas questões que se basearam numa escala de likert de cinco pontos (questões nº5, 17 e 18)

Questão	Média das respostas obtidas
5. Conheço o conceito de indústria 4.0 e suas tecnologias?	3,62
17. Relativamente às limitações existentes para a adopção das tecnologias da indústria 4.0 por parte das empresas pertencentes ao setor agrícola, qual o nível de importância que atribui a cada uma das seguintes opções?	
a. Falta de aceitação por parte dos trabalhadores	4,00
b. Falta de percepção das vantagens competitivas por parte das empresas	4,17
c. Dificuldade no acesso ao capital	4,33
d. Dificuldade em encontrar-se trabalhadores com as competências necessárias	4,29
e. Falta de compreensão sobre o fenómeno da indústria 4.0	4,10
f. Falta de visão estratégica	4,12
g. Falta de apoio governamental (e.g programas de incentivos)	4,19
h. Necessidade de requalificação dos trabalhadores	4,38
18. Para a superação dos desafios sentidos e aumento do nível de implementação das tecnologias pertencentes à indústria 4.0 no sector agrícola, qual o nível de importância que atribui às seguintes opções:	
a. Maior divulgação de informação relevante sobre a temática e apresentação das suas mais-valias.	5
b. Devem ser realizados cursos de especialização / formação sobre a sua utilização.	4
c. Devem ser disponibilizadas sessões DEMO (sessões de demonstração)	4
d. Deve existir maior facilidade de acesso a programas específicos de digitalização do sector agrícola	4
e. Devem ser desenvolvidos fundos específicos de apoio	4
f. Deve existir maior investimento governamental	4
g. Os custos de implementação devem ser reduzidos.	4

Anexo 7 – Utilização de tecnologias da indústria 4.0 (frequência e percentagem)

Tecnologia utilizada	Frequência	Percentagem
Inteligência Artificial (IA)	2	3%
Análise de dados e Big Data (Big Data Analytics)	23	33%
Internet das coisas (IoT)	14	20%
Cloud Computing	13	19%
Robótica Avançada (Robots)	3	4%
Não utiliza nenhuma das seguintes tecnologias	14	20%
Total	69	100%

