

Check for
Updates

Maturidade Digital Na Indústria Transformadora Do Tâmega E Sousa

Digital Maturity In Tâmega E Sousa's Manufacturing Industry

Nelson Jorge Ribeiro Duarte 

Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Politécnico do Porto

nduarte@estg.ipp.pt

Carla Sofia Pereira 

Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Politécnico do Porto

cpereira@estg.ipp.pt

Conflito de interesses: nada a declarar. Financiamento: nada a declarar.

Histórico:

Submissão | Received: 29/03/2022

Aprovação | Accepted: 24/05/2022

Publicação | Published: 27/11/2022



Todo o conteúdo da **e³ – Revista de Economia, Empresas e Empreendedores na CPLP** é licenciado sob *Creative Commons*, a menos que especificado de outra forma e em conteúdo recuperado de outras fontes bibliográficas.

Resumo

É sabido que a digitalização será o grande desígnio das empresas e a condição essencial para a sua competitividade nos próximos anos. Sabe-se também que, embora a atual pandemia COVID-19 tenha acelerado a necessidade de digitalização em diferentes áreas do negócio, sendo o seu maior impacto notado ao nível das plataformas de e-commerce, a falta de uma visão digital, para as diferentes áreas, poderá deixar as empresas sem competências para atuar de forma competitiva num mercado já global. Assim, neste artigo, adotando uma metodologia *Design Science*, é proposta uma solução para a obtenção de uma radiografia do nível de Maturidade Digital da indústria transformadora na região do Tâmega e Sousa - *Digital Industry Survey*. Procura-se desta forma criar conhecimento sobre a realidade desta indústria, que permita apoiar as empresas nos desafios colocados pelo paradigma da Indústria 4.0.

Palavras-chave: *Digital Industry Survey*, Indústria 4.0, Transformação Digital, Maturidade Digital, Tâmega e Sousa

Abstract

It is known that digitalization will be the greatest challenge for companies and an essential condition for their competitiveness in the coming years. It is also known that, although the current COVID-19 pandemic has accelerated the need for digitalization in different business areas with its greatest impact noticed at the level of e-commerce platforms, the lack of a digital vision for the different areas may leave companies without the skills to act competitively in the global market. In line with this, the authors adopted a Design Science methodology. A solution is proposed for obtaining a picture of the Digital Maturity level of the manufacturing industry in the Tâmega e Sousa region - *Digital Industry Survey*. Therefore, it is expected to create knowledge about the reality of this industry, supporting companies in the challenges posed by the paradigm of Industry 4.0.

Keywords: *Digital Industry Survey*, Industry 4.0, Digital Transformation, Digital Maturity, *Tâmega e Sousa*

1. Introdução

Atualmente, conceitos como Indústria 4.0, transformação digital, modelos de negócios digitais, inteligência artificial, fábricas inteligentes, entre tantos outros relacionados com estes são utilizados de forma frequente no mundo empresarial e acadêmico. Estes conceitos podem ser apresentados como uma evolução natural, ou apenas um desenvolvimento, de outro conceito conhecido: as Economias Baseadas no Conhecimento (*Knowledge Based Economies* - KBE). De acordo com Veselá and Klimová (2014) as economias de todos os países desenvolvidos são atualmente baseadas em conhecimento sendo designadas como economias do conhecimento. O seu funcionamento está condicionado à criação, distribuição e uso de conhecimento. Sendo a informação e o conhecimento considerados a fonte primária e mais produtiva de criação de riqueza, substituindo as fontes tradicionais de um passado recente, como capital e energia, ou anteriores, como terra e trabalho. Assim, e ainda de acordo com os autores referidos, a transformação das economias em economias baseadas no conhecimento está ligada ao aparecimento da sociedade pós-industrial.

“The knowledge based economy is an expression coined to describe trends in advanced economies towards greater dependence on knowledge, information and high skill levels, and the increasing need for ready access to all of these by the business and public sectors” (OECD, 2005). Esta definição foi inicialmente proposta pela OCDE e pelo Banco Mundial (Bank, 2007; OECD, 1996) e apoiada por vários autores (Barkhordari et al., 2019; Enache et al., 2009; Godin, 2006; Veselá & Klimová, 2014). Apesar da mais recente edição do Manual de Oslo (OECD/Eurostat, 2018) já não utilizar o termo KBE, mas sim expressões

como *Knowledge-based: capital, services, activities, linkages, products, assets*, ou *interactions* torna-se importante relembrar os quatro pilares principais do conceito KBE:

1. Um incentivo económico e regime institucional que promova boas políticas económicas e instituições que permitam a mobilização e alocação eficientes de recursos, estimulem a criatividade, incentivem a criação, disseminação e uso eficientes do conhecimento existente.
2. Trabalhadores qualificados e competentes que podem, continuamente, atualizar e adaptar as suas competências, de forma eficiente, criarem e usarem conhecimento.
3. Um sistema de inovação eficaz composto por empresas, centros de investigação, universidades, consultores e outras organizações que consigam acompanhar a revolução do conhecimento e aproveitar o stock (crescente) de conhecimento global, assimilá-lo e adaptá-lo às necessidades locais.
4. Uma infraestrutura de informação moderna e adequada que possa facilitar a comunicação, disseminação e processamento efetivos da informação e conhecimento.

Al-Mubarak et al. (2015) defendem que os programas de inovação fortalecem as ferramentas para uma economia moderna baseada no conhecimento e um crescimento inteligente. Esta breve descrição do conceito KBE, indicia a relação entre as KBE, e a revolução digital em que nos encontramos atualmente. Tal como referido inicialmente, os

conceitos ligados ao mundo digital são hoje amplamente discutidos e aplicados em diversos setores, como facilmente se encontra numa breve análise ao estado da arte, cujo resumo se apresenta de seguida:

- Indústria Transformadora: (Ghosh et al., 2021), (Singh et al., 2021), (Gökalp & Martinez, 2021); (Danuso et al., 2021), (Li & Yang, 2021);
- Indústria com foco nos Recursos Humanos (capacitação): (Steinlechner et al., 2021), (Konopik et al., 2022), (Hallin et al., 2022), (Ostmeier & Strobel, 2022);
- Pequenas e Médias Empresas: (Yang et al., 2021), (Matarazzo et al., 2021), (Troise et al., 2022), (Stich et al., 2020), (Zapata et al., 2020);
- Ambiente: (Xiong et al., 2022), (Kunkel & Matthess, 2020);
- Setor Público: (Scupola & Mergel, 2021), (Tangi et al., 2021), (Simmonds et al., 2021);
- Transportes: (Tijan et al., 2021), (Büyükköçkan et al., 2021), (Llopis-Albert et al., 2021), (Lanamäki et al., 2020);
- Educação: (Pham et al., 2021), (Iivari et al., 2020);
- Turismo: (Marx et al., 2021), (Hadjielias et al., 2021);
- Agricultura: (Rijswijk et al., 2021), (Kieti et al., 2021);
- Saúde: (Massaro, 2021), (Kraus et al., 2021).

Na verdade, as questões da digitalização são incontornáveis. Furjan et al. (2020) apresentam a transformação digital como um caminho inevitável para sobreviver no mercado de hoje.

Citando outros autores, Furjan et al. (2020), usam expressões como “Digital ou Morte” ou “Darwinismo Digital”. Para que seja possível utilizar estes conceitos, é importante clarificar o seu significado. Embora ainda não seja universalmente aceite a distinção entre estes conceitos, principalmente os termos muitas vezes utilizados na língua inglesa, diversos autores assumem diferentes significados. Ritter and Pedersen, (2020) apresentam no seu trabalho algumas definições propostas por diferentes autores, usadas também no âmbito deste trabalho:

- Digitização (Digitization): diz respeito à conversão de analógico para digital;
- Digitalização (Digitalization): Adoção de tecnologias digitais para melhorar os processos e modelos de negócios;
- Transformação Digital (Digital Transformation): Conceito mais amplo que inclui a adoção de novas tecnologias (digitalização), mas também as mudanças organizacionais e sociais em relação ao mundo digital.

Sendo estas questões da digitalização algo tão essencial, como referido por Furjan et al. (2020) como uma questão de evolução ou sobrevivência, com o presente artigo apresentam-se uma metodologia e uma ferramenta que permitirão realizar uma radiografia do nível de maturidade digital numa região específica de Portugal: o Tâmega e Sousa. Este instrumento permitirá avaliar a capacidade de resposta por parte das empresas da indústria transformadora da região aos desafios colocados pelo novo paradigma da Indústria 4.0/digitalização/transformação digital. Assim, para uma análise adequada do trabalho realizado definimos para este artigo 4 seções principais: revisão da literatura sobre as questões ligadas à Maturidade Digital e

Indústria 4.0, seguida da descrição da metodologia adotada, breve descrição da região em análise, e por fim, os resultados

obtidos em termos da ferramenta proposta para esta análise.

2. A Maturidade Digital das PME

De acordo com Grebe et al. (2018) as organizações que incluem a digitalização nos seus processos apresentam vantagens como: entrada rápida no mercado, eficiência de custos, aumento da qualidade do produto e melhores resultados ao nível da satisfação do cliente. Os autores também argumentam que empresas mais digitais apresentam melhor desempenho.

Considerando que as novas tendências de digitalização e transformação digital são um fator chave para o desenvolvimento das KBE e das Organizações Baseadas no Conhecimento, o objetivo desta secção é apresentar os resultados da investigação sobre os fatores críticos que as organizações, em particular as Pequenas e Médias Empresas (PME), devem ter em consideração para adaptar e transformar a sua estratégia e os seus processos. Também serão abordadas as questões de medição da transformação digital das PME, ou seja: quais os fatores que devem ser considerados para saber o quão maduras as organizações estão em termos de transformação digital. Assim, pretende-se nesta secção apresentar uma abordagem teórica dos conceitos de transformação digital e Indústria 4.0, uma vez que, a Indústria 4.0 é, entre várias outras perspetivas, vista como a nova era industrial em que tecnologias emergentes convergem para fornecer soluções digitais (Frank et al., 2019)) a fim de, identificar os principais fatores e as melhores estratégias para auxiliar as PME no processo de transformação digital.

No que aos objetivos da transformação digital diz respeito, existem várias abordagens, de

acordo com diversos autores, sendo apresentadas algumas de seguida:

- Melhorar a experiência e o envolvimento do cliente; Aumentar a eficiência; Aumentar a inovação; Melhorar os processos de tomada de decisão; Transformar processos e/ou modelos de negócios - (Kane et al., 2015).
- Garantir prontidão digital; Melhorar digitalmente os produtos; Abraçar a inovação de produtos; Desenvolver novos modelos de negócios; Melhorar os canais digitais; Aumentar a satisfação e o diálogo com o cliente - (Osmundsen et al., 2018).
- Aplicação de sistemas de informação visando a melhoria dos processos de negócio para aumentar a eficiência, reduzir custos e otimizar os processos de negócio; Aumentar a eficiência operacional e orientação para o mercado; Criar valor; Promover a interação entre organizações e consumidores; Permitir uma melhor compreensão dos requisitos e facilitar ofertas personalizadas de novos produtos adaptados às necessidades específicas do cliente (Matarazzo et al., 2021).
- Redução de custos através da automação; Aumento das receitas através de uma experiência do cliente aprimorada - (Verhoef et al., 2021).

Tendo em consideração os elementos apresentados, é possível dizer que a transformação digital visa contribuir para a excelência empresarial. Essa excelência depende de diversos aspetos (internos e externos), mas é claro, que dados e informação em tempo real para a tomada de decisão são algo que a transformação digital promove contribuindo para a melhoria da própria empresa e consequentemente promovendo as KBE, bem como os diversos *Knowledge concepts*, associados.

Relativamente ao conceito de maturidade é importante clarificar alguns aspetos: Maturidade e Maturidade Digital (nas PME). De acordo com Colli et al. (2019), maturidade é um conceito que surge da gestão da qualidade e que apareceu pela primeira vez na década de 1930. Desde então, vários modelos de maturidade foram apresentados. Em geral, esses modelos pretendem identificar o nível em que uma organização se encontra em termos de diferentes estágios de maturidade. Com base no trabalho de Crosby (1979), o *Software Engineering Institute* desenvolveu o *Capability Maturity Model for Software* (CMM) que foi lançado em 1991. Posteriormente, em 2000, apresentou o *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) - uma *framework* que as organizações de Tecnologias de Informação podiam usar para saber se estão a utilizar as melhores práticas de desenvolvimento de software. De acordo com Colli et al. (2019), após o CMMI, vários modelos de maturidade foram apresentados. No entanto, atualmente o CMMI continua a ser dos mais aplicados na área das TI. O objetivo de um modelo de maturidade é descrever antecipadamente o caminho de evolução desejado ou típico (Becker et al., 2009) de forma simplificada (Klimko, 2001).

De acordo com Colli et al. (2019), Crosby (1979), apresentou uma grelha de maturidade

do processo de gestão da qualidade, que fornecia uma ferramenta para medir sistematicamente o nível atual de maturidade de uma entidade ao longo da sua evolução. Estes modelos (ou ferramentas) são frequentes no setor das Tecnologias de Informação (CMMI) e em processos de gestão, como os modelos de maturidade desenvolvidos na área de gestão de projetos (OPM3®, IPMA-OCB, P2MM). Segundo Lahrman et al. (2011), maturidade é um estado completo, perfeito ou pronto. Enquanto para Teichert (2019), sistemas em maturação (por exemplo, organizações) melhoram as suas competências ao longo do tempo em direção à realização de um estado futuro desejável. Mas, em geral, os modelos de maturidade visam a melhoria contínua (Uskarci & Demirörs, 2017). Este breve panorama permite-nos concluir que a maturidade envolve um caminho (como proposto por Crosby (1979)), e o posicionamento de uma organização num determinado lugar desse caminho. Resumindo: permite perceber a posição em que uma organização se encontra no caminho definido para alcançar a excelência.

Já no que respeita à Maturidade Digital esta, de acordo com Eremina et al. (2019), descreve a vontade e capacidade da empresa para mudar e aplicar tecnologias inovadoras, dependendo das tendências, para se manter competitiva no mercado. Com esta definição voltamos à ideia de excelência e melhoria contínua. Mas, enquanto os modelos de maturidade estão focados em processos de negócios, recentemente, vários autores apresentam Maturidade Digital relacionada com transformação digital de uma organização e que, obviamente, também inclui os processos de negócio (Chanias & Hess, 2016; Fletcher & Griffiths, 2020; Kane et al., 2016).

Ainda dando seguimento às definições encontradas no decorrer da pesquisa realizada,

transformação digital é definido como a implementação de tecnologias digitais inovadoras para efetuar melhorias do negócio numa organização (Brown & Brown, 2019). Essas melhorias também devem ocorrer ao nível da cultura organizacional, pois a transformação digital diz respeito tanto às pessoas quanto à tecnologia (Kane et al., 2016). A Maturidade Digital, mesmo estando relacionada com conceitos de Tecnologias de Informação, deve ser analisada numa perspectiva mais ampla. Deve refletir uma interpretação de gestão, descrevendo o que uma organização já alcançou em termos de realização de esforços de transformação digital, incluindo mudanças ao nível dos produtos, serviços e processos (Chanias & Hess, 2016). A Maturidade Digital pode ser apresentada como um conceito holístico refletindo um aspeto tecnológico e de gestão, visando o sucesso das empresas através da otimização de processos (Lahrmann et al., 2011; Teichert, 2019). De acordo com Colli et al. (2019), um modelo de Maturidade Digital descreve o que já foi alcançado em termos de realização de esforços de transformação e como uma organização se prepara sistematicamente para se adaptar a um ambiente cada vez mais digital para se manter competitiva.

Ulas (2019) defende que o principal objetivo da transformação digital é redesenhar o negócio por meio da introdução de tecnologias digitais, obtendo benefícios como melhorias de produtividade, redução de custos e inovação. Alguns desses benefícios, relacionados com a Indústria 4.0 nas organizações, foram identificados por Moeuf et al. (2018) e são os seguintes: Flexibilidade, Redução de custos, Produtividade melhorada, Qualidade melhorada e Redução do tempo de entrega. Da perspectiva apresentada é possível defender que todos esses conceitos (Maturidade, Modelos de Maturidade, Transformação Digital, Indústria

4.0) estão alinhados para promover o sucesso do negócio (excelência organizacional).

Mesmo com uma relação clara entre as perspetivas digital e de negócio, a transformação digital e o aumento da Maturidade Digital de uma organização não é algo que possa ser implementado de forma fácil e rápida (Fletcher & Griffiths, 2020). De acordo com estes autores, é evidente que as organizações devem melhorar a sua Maturidade Digital, que organizações menos maduras digitalmente são mais frágeis e, finalmente, que organizações com níveis mais altos de Maturidade Digital são geralmente mais flexíveis. Os mesmos autores concluíram que as organizações digitalmente maduras reconhecem que a mudança externa é um aspeto sempre presente nos negócios e tornaram-se suficientemente capazes para responder de forma rápida e estratégica. O estudo de Zapata et al. (2020), que indica que as organizações sentem que não possuem os elementos para definir o estado atual do seu processo de transformação, e como tal, os modelos de Maturidade Digital já existentes, bem como os elementos incluídos nesses modelos, são elementos importantes para apoiar as organizações no processo de transformação. Ao nível organizacional, a identificação dos elementos mais relevantes para medir a Maturidade Digital apresenta-se como um objetivo crucial para a transformação digital das organizações.

Com o objetivo de identificar os fatores críticos da Maturidade Digital, apresentamos de seguida uma visão geral dos modelos de Maturidade Digital (Tabela 1). Ao realizar esta investigação foram identificadas, pelo menos, 3 categorias: 1) Modelos de Maturidade Digital; 2) Modelos de Maturidade para a Indústria 4.0; e, 3) outros elementos relevantes identificados por alguns autores.

Tabela 1 – Dimensões apresentadas por diferentes modelos e autores relativamente à transformação digital e Indústria 4.0

Modelo	Dimensões	Referência
Digitalization (Digital Transformation) Models		
<i>The Digital Maturity Model 4.0</i>	Cultura; Organização; Tecnologia; Percepções – cada dimensão é avaliada por 7 itens.	(VanBoskirk & Gill, 2016)
<i>Digital Maturity Model</i>	Clientes (4 itens); Estratégia (7 itens); Tecnologia (7 itens); Operações (6 itens); Organização e Cultura (4 itens).	(Deloitte, 2018)
<i>Maturity Model of Digital Transformation (Education Organizations)</i>	Infraestrutura; Estratégia e Liderança; Organização; Colaboradores; Cultura; Educação Tecnológica. Estas dimensões são medidas por 27 itens distribuídos pelos autores (distribuição não apresentada).	(Ifenthaler & Egloffstein, 2020)
Modelos para a Indústria 4.0		
<i>The Connected Enterprise Maturity Model</i>	Todos os elementos relacionados com Operações Tecnológicas e Tecnologias de Informação.	(Rockwell Automation, 2014)
<i>IMPULS Industry 4.0 Readiness Modelo adotado pelo IAPMEI (em Portugal)</i>	Produtos Inteligentes (2 itens) Operações Inteligentes (4 itens); <i>Smart Factory</i> (4 itens); Estratégia e Organização (3 itens); Colaboradores (2 itens); <i>Data driven services</i> (3 itens).	(Impuls; IW Consult; FIR, 2015)
<i>Industry 4.0 Self-Assessment</i>	Modelo de negócio, Portfólio de produtos e serviços; Mercados e acesso ao consumidor; Cadeia de valor e processos; Arquitetura das TI; Conformidade (Compliance); Questões legais, Risco e Segurança; Impostos; Organização e cultura.	(PWC, 2018)
<i>Acatech – Industrie 4.0 Maturity Index</i>	Desenvolvimento; Produção; Logística; Serviços; Marketing e vendas – cada dimensão é avaliada por 4 itens.	(Schuh et al., 2018)
<i>Maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises</i>	Estratégia; Liderança; Clientes; Produtos; Operações; Cultura; Pessoas; Governança; Tecnologia. Estas dimensões são analisadas por um total de 62 itens (distribuição não apresentada).	(Schumacher et al., 2016)
<i>Smartness Assessment Framework for Smart Factories</i>	Liderança (4 itens); Processo (26 itens distribuídos por 6 sub-dimensões); Sistemas e Automação (10 itens distribuídos por 2 sub-dimensões); Desempenho (6 itens)	(Lee et al., 2017)
<i>Industry 4.0-MM</i>	Gestão de ativos (4 itens); Governança (4 itens); Gestão de aplicativos; Alinhamento organizacional; Transformação de processos	(Gökalp et al., 2017)
<i>Adoption Maturity Model (for manufacturing companies)</i>	Estratégia (sem identificação de itens, mas identificam áreas: Estratégia de negócio, Estratégia de Tecnologia, <i>Networking</i> e Integração); Maturidade (Infraestrutura, Capacidades analíticas, Capacidades de absorção/integração de informação); Desempenho (Benefícios da I4.0, Impacto de eficiência)	(Scremin et al., 2018)
<i>DigiCoM – to assess digital employee's competencies in industrial enterprises</i>	Trabalho digital (11 itens); Interação Homem-Máquina (15 itens); Colaboração em ambiente virtual (11 itens); Autodesenvolvimento (12 itens)	(Steinlechner et al., 2021)
Outros fatores para a Maturidade Digital (sem modelo sugerido)		
<i>Digital Maturity</i>	Estratégia; Liderança; Produtos; Operações; Cultura; Pessoas; Governança; Tecnologia.	(Brown & Brown, 2019)
<i>Factors enabling Digital Maturity</i>	Visão digital partilhada; Visão de transformação partilhada; Comunicação interna da visão digital; Impacto percebido das tecnologias digitais nos modelos de negócios; Formação de colaboradores; Recrutamento.	(Salviotti et al., 2019)
<i>How to Measure Digitalization</i>	Todos os modelos estudados oferecem várias dimensões diferentes para descrever o domínio-alvo. Mais comuns: experiência do cliente, processos operacionais, modelos de negócio e recursos digitais.	(Thordsen et al., 2020)
<i>Requirements for Smart Manufacturing</i>	Finanças, disponibilidade de recursos técnicos; produto especializado; padrões; cultura organizacional; participação, alianças e cooperação entre colaboradores.	(Mittal et al., 2018)
<i>Pillars of Digital Transformation</i>	Estratégia e visão; Pessoas e cultura; Processo e governança; Tecnologias e capacidades.	(Kó et al., 2019)

Fonte: Elaborado pelos autores

A partir de uma extensa revisão da literatura, Mittal et al. (2018) identificaram 8 dimensões de maturidade e 24 itens apresentados inicialmente por Schumacher et al. (2016), que poderiam ser apresentados na tabela anterior, no entanto, consideramos que essas dimensões e itens podem ser apresentados como um resumo das dimensões e itens que foram identificados até este ponto. Além disso, as dimensões apontadas por esses autores são importantes na perspectiva das PME: Estratégia, Liderança, Clientes, Produtos, Operações, Cultura, Pessoas, Governança e Tecnologia. Da Tabela 1 é possível concluir que já existem várias tentativas de medir a maturidade em termos de transformação digital e respetivo posicionamento na trajetória da Indústria 4.0. Também é possível perceber que existem diferentes abordagens, algumas baseadas na ciência e outras na perspectiva da consultoria. O que é geralmente aceite é que a maioria delas são sugeridas como um modelo de autoavaliação.

As principais dimensões presentes em diferentes modelos de maturidade e também apontadas na literatura como fatores-chave a considerar, são:

- Tecnologia - Nível atual existente e necessidades de adoção;
- Cultura organizacional - Em particular a visão, orientação para o cliente e a abertura para abraçar a transformação digital;
- Operações / Logística – Quais os processos que estão a ser atualmente executados, como são executados e como podem ser otimizados (processo);
- Organização - Pode estar relacionada com estratégia da organização, cultura ou competências dos colaboradores -

diferentes modelos apresentam diferentes abordagens;

- Estratégia - Esta dimensão é global, está relacionada com a cultura organizacional, liderança, modelo de negócio, entre outros. A organização deve adotar uma estratégia que promova a transformação digital;
- Colaboradores – Competências e a abertura para abraçar a mudança;
- Produtos - O tipo de produtos oferecidos, o nível de personalização, a intervenção do cliente no desenvolvimento do produto;
- Liderança - O exemplo, o compromisso e o apoio aos colaboradores na transformação digital;
- Clientes - O tipo de relação, comunicação e interação;
- Modelo de Negócio - Organização, relativamente à estratégia interna e externa da empresa, para apoiar a transformação digital.
- Marketing – Em particular no que diz respeito à dimensão do Cliente;
- Produção e Processos - Relacionados com a dimensão das Operações;
- Governança - Relacionada com a dimensão dos colaboradores.

É claro que os fatores a incluir num modelo de maturidade devem ter em consideração o ambiente e as características específicas onde irá ser implementado. Para definir as dimensões de um modelo de Maturidade Digital, Thordsen et al. (2020) sugere um método de investigação conceptual usando, por exemplo, entrevistas. Esta abordagem levará a um modelo mais eficaz para medir os

níveis de maturidade e ajudará na definição dos passos seguintes. Por outras palavras, a definição de um modelo de maturidade, deve considerar, em primeiro lugar, os fatores que são geralmente aceites como válidos (de acordo com a revisão da literatura), sendo de seguida validado, caso a caso, antes da sua aplicação.

Gökalp et al. (2017), defendem que os modelos (a construir) devem considerar a expansão da análise para não se focarem apenas na excelência operacional, mas também na expansão do portfólio de produtos e serviços através da criação de produtos inteligentes. Em segundo lugar, as dimensões incluídas no design do modelo devem incluir todos os stakeholders que terão algum tipo de impacto na transformação do negócio. Por fim, estes autores defendem ainda que é fundamental para a usabilidade dos modelos que estes sejam acompanhados de ferramentas que identifiquem propostas de melhoria que auxiliem na seleção das melhores opções para cada caso. Todos estes elementos são relevantes para a proposta de solução pretendida para a região do Tâmega e Sousa.

Mesmo sendo reconhecida a necessidade de estratégias de apoio à adoção de tecnologias digitais, existem alguns constrangimentos principalmente para as PME, tais como: limitação financeira, limitação de conhecimento e de sensibilização para a tecnologia (Masood & Sonntag, 2020) e em termos da análise de custo-benefício da mudança (Erol et al., 2016; Zapata et al., 2020). Outra barreira identificada por Ingaldi and Ulewicz (2020) é a falta de suporte especializado para a adoção de novas tecnologias. A falta de competências para definição do estado atual em termos de maturidade digital, bem como da melhor situação a atingir em termos de transformação digital, foi também identificada por Erol et al. (2016) e Zapata et al. (2020). Ulas (2019),

numa investigação focada nas PME na Turquia, identificou vários obstáculos para a transformação digital. Alguns, como deficiências orçamentais, investimentos elevados e custos operacionais, impossibilidade de compreensão das tecnologias da ou informação insuficiente sobre os padrões digitais. Outras barreiras identificadas foram a segurança de dados, questões de privacidade, dificuldade em termos de desenvolvimentos tecnológicos, desconhecimento dos benefícios da digitalização ou falta de recursos qualificados. Um assunto importante e não mencionado até agora, diz respeito à situação real de muitas organizações. De acordo com Ulas (2019), embora muitas PME tenham cada vez mais percebido que a internet é a chave para o sucesso, em muitos casos ainda não têm uma página web que possa ser consultada, por exemplo, através de um smartphone. Esta conclusão reforça a necessidade de promoção do conhecimento digital, em particular junto dos recursos internos. Esta capacitação é crucial, e é uma preocupação recente [(Konopik et al., 2022), (Hallin et al., 2022), (Ostmeier & Strobel, 2022)], pois como argumentado por Ingaldi and Ulewicz (2020) a Indústria 4.0 (e incluímos aqui a transformação digital) não é apenas sobre tecnologia, mas também sobre novas formas de trabalhar e o papel das pessoas na indústria. Esta preocupação além de existir do ponto de vista científico, existe também ao nível político. Ao analisar o *Plano de Ação Para a Transição Digital* (2020), do Governo Português, verifica-se que o Pilar I deste plano, consiste na Capacitação e Inclusão Digital das Pessoas.

A transformação digital, ou digitalização, vai além da melhoria de produtos e processos, para afetar modelos de negócio, aspetos organizacionais e de gestão de todos os processos da cadeia de valor, criando novos desafios para as empresas (Bleicher & Stanley,

2016). Estes novos desafios não são exclusivos das empresas de maiores dimensões, tal como defendido por Toanca (2016) esse caminho deve ser feito tanto por grandes organizações como por PME.

Tendo em vista os desafios da digitalização e os objetivos deste trabalho de investigação, partiu-se então para a análise das principais dimensões da Maturidade Digital. Numa primeira abordagem foram identificadas as dimensões que se apresentam na Tabela 2.

Tabela 2 – Dimensões da Maturidade Digital

Dimensão	Breve descrição
Estratégia	Abordagem geral
Modelo de Negócio	A forma como a organização está alinhada com a transformação digital
Tecnologia	Nível atual e identificação de necessidades
Cultura Organizacional	Visão, orientação para o cliente e abertura para abraçar a transformação digital
Colaboradores	Competências; abertura para a mudança
Liderança	Exemplo, compromisso e apoio aos colaboradores na transformação digital
Governança	Relacionada com a dimensão dos colaboradores
Logística e Operações	Identificação dos processos que estão a ser executados, como estão a ser executados, como podem ser otimizados
Produção e Processos	Relacionado com a dimensão das operações
Produtos	Tipo de produtos oferecidos; nível de personalização
Clientes	Tipo de relação, comunicação e interação
Marketing	Relacionado com a dimensão dos clientes

Fonte: Elaborado pelos autores

Após esta primeira análise é proposto um agrupamento das dimensões, de acordo com a tabela seguinte (Tabela 3).

Tabela 3 – Dimensões da Maturidade Digital

Dimensão	Breve descrição
Estratégia	Abordagem geral
Modelo de Negócio	A forma como a organização está alinhada com a transformação digital
Tecnologia	Nível atual e identificação de necessidades
Cultura Organizacional	Visão, orientação para o cliente e abertura para abraçar a transformação digital
Colaboradores	Competências; abertura para a mudança
Liderança	Exemplo, compromisso e apoio aos colaboradores na transformação digital
Governança	Relacionada com a dimensão dos colaboradores
Logística e Operações	Identificação dos processos que estão a ser executados, como estão a ser executados, como podem ser otimizados
Produção e Processos	Relacionado com a dimensão das operações
Produtos	Tipo de produtos oferecidos; nível de personalização
Clientes	Tipo de relação, comunicação e interação
Marketing	Relacionado com a dimensão dos clientes

Fonte: Elaborado pelos autores

Tendo por base a análise apresentada nas tabelas anteriores foram definidas, para a ferramenta de análise a aplicar na indústria

transformadora da região do Tâmega e Sousa, as seguintes dimensões de Maturidade Digital.

Tabela 4 – Dimensões da Maturidade Digital

1	Estratégia Modelo de Negócio	ESTRATÉGIA
2	Tecnologia	TECNOLOGIA
3	Cultura Organizacional Colaboradores Liderança Governança	PROCESSOS (Recursos Humanos)
4	Logística e Operações Produção e Processos	PROCESSOS (Produção)
5	Produtos	PRODUTOS (Inteligentes)
6	Clientes Marketing	PROCESSOS (Marketing)

Fonte: Elaborado pelos autores

Concluindo, após a análise ao estado da arte e considerando as iterações apresentadas resumidamente nas tabelas anteriores foram identificadas as seis dimensões principais incorporadas na ferramenta de análise da Maturidade Digital a aplicar às empresas da indústria transformadora da região do Tâmega e Sousa. Considerando que dos modelos estudados vários apresentam uma base de consultoria, o que se compreende pela sua

proximidade ao tecido empresarial, para o desenvolvimento desta ferramenta, optou-se por uma abordagem mista juntando o conhecimento académico ao conhecimento dos negócios criando uma equipa de projeto que conta com a colaboração com uma empresa ligada à área da consultoria de inovação. Na secção seguinte é apresentada com algum detalhe a abordagem usada na execução deste projeto.

3. Metodologia

Sendo o foco deste artigo a apresentação da solução desenvolvida para a obtenção de uma radiografia do nível de maturidade digital da indústria transformadora na região do Tâmega e Sousa, garantindo um conhecimento adequado para apoiar as empresas desta região nos desafios colocados pelo novo paradigma da Indústria 4.0, optou-se pela aplicação da metodologia *Design Science* [(Eekels & Roozenburg, 1991), (March & Smith, 1995), (Hevner et al., 2004)]. Esta metodologia é globalmente aceite em várias ciências e é muito frequente no

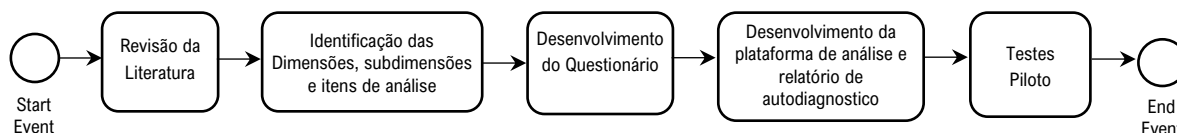
desenvolvimento de artefactos em sistemas de informação. Assim, e tendo em consideração os pressupostos base desta metodologia (construção e avaliação) seguindo também o modelo *step-by-step*. Juntámos também os princípios da metodologia investigação-ação, recorrendo ao seu processo iterativo no aperfeiçoamento do questionário de análise agora em aplicação nas empresas.

A Figura 1 apresenta as 5 etapas do processo de desenvolvimento desta ferramenta de análise, seguindo-se uma breve explicação dos mesmos. Juntamente com esta abordagem

mais teórica, procurar-se-á explicar os passos seguidos para o desenvolvimento da plataforma. Nesta fase do projeto, ainda não se

procedeu à recolha de dados empíricos. Essa recolha será realizada através da ferramenta apresentada neste trabalho.

Figura 2 – Apresentação dos passos para o desenvolvimento da ferramenta



Fonte: Elaborado pelos autores

Passo 1: Identificação e validação do problema seguido da revisão da literatura – Dada a natureza deste projeto, a investigação focou-se tanto em modelos encontrados no estado da arte, como nos modelos de consultoras, que na verdade são os modelos mais reconhecidos junto do mundo empresarial.

Passo 2: Identificação das dimensões, subdimensões e itens de análise mais relevantes - as dimensões e subdimensões identificadas através da revisão da literatura foram organizadas e agrupadas através de um mapeamento conceptual. Através de uma abordagem iterativa, as dimensões e subdimensões foram organizadas procurando responder à seguinte questão: Quais as dimensões que permitem uma análise à Maturidade Digital das empresas transformadoras, regra geral de pequena/média dimensão, no universo específico da região do Tâmega e Sousa? A resposta a esta(s) questão(ões) foi apresentada nas Tabelas 2, 3 e 4, tendo sido identificadas seis dimensões que podem ser agrupadas em três: Estratégia, Processos e Produtos (ver passo 3). A organização em três dimensões, justifica-se na lógica de estruturação da ferramenta de recolha e análise de dados e teve em consideração os seguintes elementos:

- Uma dimensão que é transversal às restantes, a Tecnológica, não sendo tratada em termos da organização da ferramenta como uma dimensão independente.
- Recursos Humanos, Marketing e Produção foram agregadas na dimensão Processos, sendo detalhadas posteriormente para recolha de dados.

Passo 3: Desenvolvimento do questionário (trabalho em parceria com a empresa de consultoria) – Neste passo as 6 dimensões identificadas na tabela 4 foram divididas em subdimensões e em itens para uma análise detalhada do nível de maturidade das empresas. De acordo com o estado da arte, estas dimensões são enquadradas em 3 eixos de análise: Produto, Processos e Estratégia. O desenvolvimento deste questionário considerou também os indicadores de monitorização/ avaliação da Maturidade Digital.

Passo 4: Desenvolvimento da plataforma de suporte à recolha e análise dos questionários e geração automática do relatório de autodiagnóstico – Inicialmente, e tendo em vista a fase dos testes piloto, a plataforma apresentava duas funções essenciais: (1) recolha dos dados do questionário, sendo os primeiros questionários realizados em formato de entrevista semiestruturada, e (2) tratamento

automático e imediato dos dados para envio de um relatório de autoavaliação. Apesar de serem estas as funcionalidades previstas para a fase 0 (zero) da plataforma, estão já definidas para os sprints seguintes, e neste momento em desenvolvimento, outras funcionalidades de análise mais complexas, tanto do ponto de vista da recolha e tratamento de dados, como do output gerado para as empresas.

Passo 5: Validação através da aplicação prática (testes piloto) – Por fim, a ferramenta foi testada em ambientes industriais reais para recolha de dados. Estes testes iniciais foram realizados através de visitas a algumas empresas, onde o preenchimento do

questionário referido no passo 3, foi realizado através de uma entrevista estruturada com recurso à plataforma desenvolvida, sendo os dados recolhidos introduzidos diretamente na plataforma pela equipa de investigação. Este processo permitiu refinar algumas questões de forma a tornar o questionário (via plataforma) público numa fase posterior.

Uma vez que a ferramenta de análise desenvolvida tem como principal objetivo o estudo da Maturidade Digital do Tâmega e Sousa, apresentamos na secção seguinte, uma breve descrição da região dando especial atenção às questões associadas à digitalização.

4. A Região do Tâmega e Sousa

O Tâmega e Sousa é uma sub-região NUTS III, localizada no Norte de Portugal, constituída pelos municípios de Amarante, Baião, Castelo de Paiva, Celorico de Basto, Cinfães, Felgueiras, Marco de Canaveses, Paços de Ferreira, Penafiel e Resende, conforme apresentado na figura 2. A sua localização, numa região transitória entre a Área Metropolitana do Porto (AMP) e Trás-os-Montes faz com que o Tâmega e Sousa seja constituído por áreas urbanas, rurais e industriais que se mesclam entre si, conferindo-lhe um padrão territorial rico e heterogéneo, caracterizado por distintas paisagens (Pereira, 2020a). A sua economia destaca-se por uma marcada vertente industrial, caracterizada por décadas de tradição e conhecimento que contribuem para

a primazia demonstrada em diversos dos seus setores industriais: Calçado, Mobiliário, Metalomecânica, Têxtil e Vestuário, Agroalimentar (onde se inclui o vinho e a viticultura). Cada setor apresenta estágios de desenvolvimento distintos e múltiplas necessidades, que devem ser analisadas à luz das capacidades, prioridades e objetivos de cada empresa. É na sequência desta diversidade, em termos de desenvolvimento de cada uma das empresas e setores, que se verificou a necessidade de criação de uma solução para análise da maturidade digital das PME da região que permita a definição de projetos de Inovação, Investigação e Desenvolvimento Tecnológica que respondam às necessidades específicas de cada setor e/ou empresa.

Figura 2 – Região do Tâmega e Sousa



Para além das especificidades apresentadas, do estudo realizado para a elaboração do Manual para a Competitividade do Tâmega e Sousa, resultam também algumas conclusões que merecem reflexão no âmbito da transição para o digital das PME do Tâmega e Sousa, a destacar (Pereira, 2020b):

- Se o Tâmega e Sousa não souber acompanhar as tendências da Indústria 4.0, tenderá a perder as suas vantagens competitivas para outros *players*, nacionais e internacionais, e a ficar “prisioneira” da sua própria especialização.
- A produtividade difere, não só entre setores, como entre empresas de diferentes dimensões: as grandes empresas são, regra geral, mais produtivas e competitivas do que as PME. Este ponto deve ser tido com particular atenção já que estas últimas constituem quase 100% da malha empresarial da sub-região do Tâmega e Sousa.
- A questão dos recursos humanos adquire um papel chave até 2030, tendo em conta o impacto expectável da digitalização e automação da economia (Indústria 4.0). Além da requalificação da mão de obra, as empresas do Tâmega e Sousa deverão apostar numa estratégia de *design thinking*, antecipando o enquadramento futuro e novas tendências do mercado de trabalho.
- Verifica-se uma articulação insuficiente entre o meio académico e as empresas, o que diminui a eficácia do sistema de inovação. Aconselha-se o desenvolvimento de projetos de âmbito regional, com um foco específico sobre os setores estratégicos e o envolvimento e compromisso de todos os atores: empresas, administração local, institutos de ensino superior, as associações setoriais e os centros tecnológicos.
- Há uma sobrevalorização social daquilo que é a Inovação, levando as empresas a investir em inovação pelas razões menos adequadas, apresentando uma maior fragilidade estratégica. Uma grande percentagem dos projetos acaba por “morrer” prematuramente

(quando os projetos de investimento e incentivos terminam, por exemplo).

Conscientes desta realidade, e assumindo o pouco conhecimento sobre a Maturidade

Digital da indústria do Tâmega e Sousa, avançou-se com a implementação do projeto *Digital Industry Survey*.

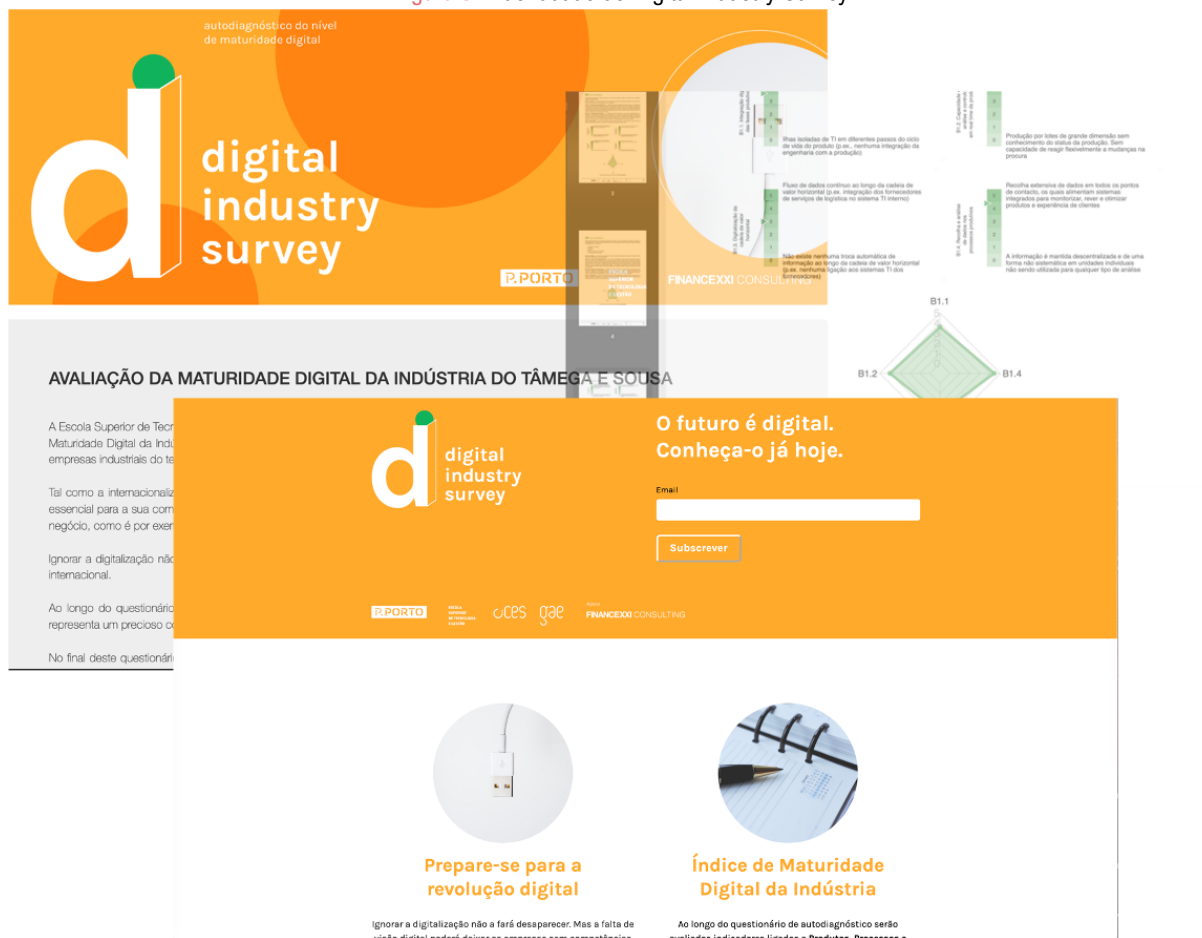
5. O Digital Industry Survey

Tal como a internacionalização foi o maior desafio das empresas na última década, a digitalização será o grande desígnio das empresas e condição essencial para a sua competitividade nos próximos anos. Embora a atual pandemia COVID-19 tenha acelerado a necessidade de digitalização, em diferentes áreas do negócio, como é, por exemplo, o caso das plataformas de *e-commerce*, muitas empresas ainda não conhecem as aplicações que a digitalização pode ter nos seus produtos, processos e estratégia. Por vezes, até as questões mais simples como um site responsivo, tal como identificado por Ulas (2019), são ainda realidades muito presentes. A digitalização tem implicações sobre a produção, o produto e a forma de organização das empresas. É importante salientar que além de requerer investimento, compromisso e exigir mudanças a vários níveis, exige uma mudança na cultura organizacional, e todos estes elementos devem deixar-nos conscientes que os seus efeitos podem não ser tão imediatos como outro tipo de investimentos. Uma empresa com uma estratégia digital madura e competitiva deverá contemplar as quatro dimensões do digital: Como produzimos; o que produzimos; como nos organizamos e como comunicamos.

O projeto *Digital Industry Survey* (DIS, mais info em:

https://digitalindustrysurvey.estg.ipp.pt/landing_page/), cuja identidade é mostrada na figura 3, permitir-nos-á compreender as disparidades de competitividade digital das empresas do Tâmega e Sousa, em três eixos de análise: produto, processos e estratégia. Com este trabalho, espera-se que as empresas sejam capacitadas com a *intelligence* essencial para uma tomada de decisão mais fundamentada face à sua estratégia digital. Este instrumento de análise foi desenhado nos seguintes pressupostos: 1) considerando o estado da arte do tema, com foco nos resultados; 2) assumindo um foco territorial (foco na indústria transformadora da região); e, 3) acreditando que funcionará como um excelente instrumento para a definição de políticas públicas mais adaptadas à realidade territorial. Assim, antes da disponibilização da ferramenta de diagnóstico a todas as empresas, a mesma foi testada em ambientes industriais reais na região do Tâmega e Sousa. Estes testes foram inicialmente realizados num modelo de entrevista semiestruturada, e de seguida em modo de questionário on-line. Para se garantir ainda uma adequada comunicação com a Indústria, estabeleceu-se uma parceria entre o conhecimento científico e a vertente empresarial, trazendo para o projeto uma entidade com trabalho reconhecido na área da inovação industrial, Finance XXI Consulting.

Figura 3 – Identidade do Digital Industry Survey

Fonte: <https://digitalindustrysurvey.estg.ipp.pt/>

Este trabalho assume um posicionamento relevante a 3 níveis: I&D, Empresas e Decisores Políticos.

No que às entidades de I&D e Transferência de Conhecimento Científico e Tecnológico diz respeito, esta radiografia ao nível de Maturidade Digital da indústria da região permitirá desenhar projetos assentes num conhecimento real da indústria da região e que contribuam adequadamente para a definição da jornada de transição digital.

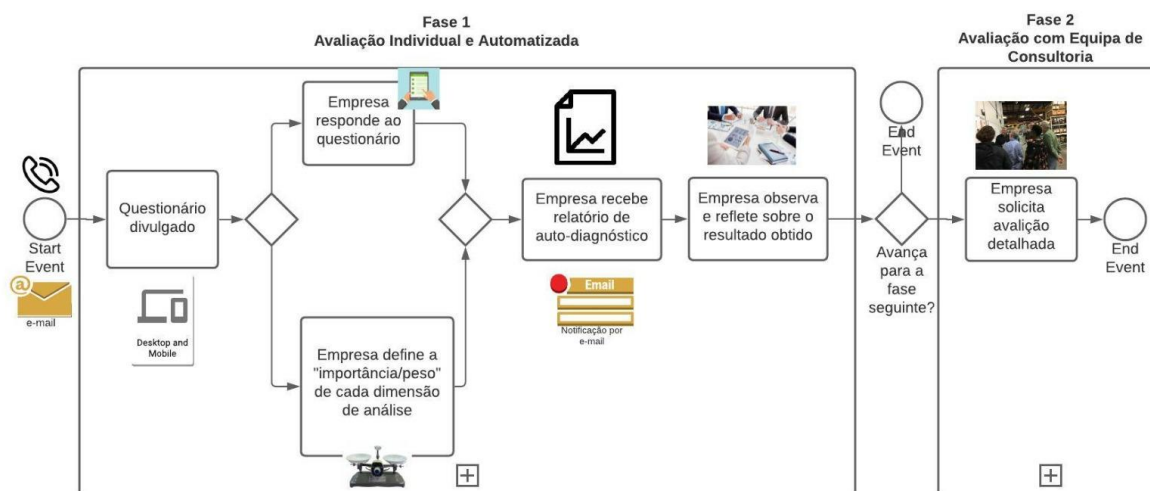
Do ponto de vista das empresas, permite-lhes efetuar o autodiagnóstico do seu nível de Maturidade Digital, sendo este primeiro resultado obtido instantaneamente pela

empresa no final do preenchimento do questionário (recebendo no e-mail um relatório explicando os valores obtidos em cada uma das dimensões de análise e um valor global, com explicação dos valores obtidos). Numa segunda fase, já planeada, assim que o número de respostas obtidas o permita, será ainda possível ter acesso a uma comparação da Maturidade Digital da empresa em termos setoriais e/ou regionais. Outra funcionalidade prevista, é a possibilidade de monitorização do seu estado/evolução ao longo dos anos.

Ao nível da decisão política, apresenta-se como uma excelente ferramenta de apoio à decisão na definição das prioridades e das estratégias empresariais e regionais.

Na figura 4 apresenta-se o processo de implementação da ferramenta de análise criada e justificada acima.

Figura 4 – Processo de implementação do Digital Industry Survey



Assim, pode observar-se que o mesmo se encontra organizado em duas fases: 1) avaliação automática e individual (autodiagnóstico); 2) análise detalhada com a presença na empresa de uma equipa especializada. Na fase piloto o início do processo é despoletado por um telefonema ou envio de e-mail para a empresa, dando conhecimento do instrumento de análise e permitindo o seu preenchimento acedendo ao mesmo com recurso a diferentes dispositivos móveis. Nesta primeira fase, após primeiro contacto com o questionário, o utilizador (colaborador da empresa respondente) deve responder a todas as perguntas do questionário e definir a importância (peso) que cada uma das dimensões e subdimensões em análise (ver detalhe em <https://digitalindustrysurvey.estg.ipp.pt/>) assumem na sua perspetiva de resposta aos desafios colocados pela transição digital. De acordo com a revisão da literatura, a importância de cada eixo varia em função dos setores, e do próprio ambiente em que a

organização se insere. Nesse sentido, a ferramenta desenvolvida exige que cada respondente decida qual o peso percentual (importância) a atribuir a cada um destes eixos (dimensões e subdimensões). Na verdade, cada empresa é uma realidade diferente, e enquanto a empresa A pode ter uma estratégia de desenvolvimento de produtos inteligentes, a empresa B, pode apostar mais nos processos operacionais. Assim, a ferramenta apresenta-se como uma solução mais flexível e adaptável ao ambiente de cada empresa.

Submetido o questionário o utilizador receberá, via e-mail, o relatório de autodiagnóstico, o qual permitirá analisar e refletir sobre o seu estado. Esta monitorização da Maturidade Digital da empresa, poderá ser realizada ao longo do tempo de modo individual através da sua área reservada, sendo que, se a empresa assim o entender, poderá avançar para a fase 2. Na fase 2, e tendo por base os resultados da autoavaliação realizada na fase anterior, a empresa procura apoio especializado para uma

análise mais detalhada e rigorosa do seu nível de Maturidade Digital e, eventualmente, o desenho conjunto dos projetos que darão

resposta às suas necessidades de desenvolvimento no âmbito da Indústria 4.0.

6. Conclusões

A definição de estratégias empresarias no âmbito da Indústria 4.0, tal como em qualquer outra área de desenvolvimento empresarial, deve sempre ter por base as capacidades, prioridades e objetivos de cada empresa. Assim, embora ainda nos encontremos numa fase de recolha de dados, com mais de 60 respostas obtidas por parte de empresas representativas da indústria transformadora do Tâmega e Sousa, de diversos setores industriais, torna-se já um resultado relevante, o apresentado neste artigo, onde descrevemos os objetivos e rigor na conceção da primeira fase deste trabalho de investigação, o desenho

de uma solução adequada ao tecido empresarial do Tâmega e Sousa, tendo por base a metodologia descrita na secção 3 e a informação obtida através da revisão da literatura. Esta solução apresenta-se como primeiro resultado deste projeto de investigação, constituída tendo por base o processo descrito na figura 1, apresenta uma riqueza semântica e possibilidades de monitorização e análise ao longo do tempo que merecem a atenção por parte da comunidade científica, tecido empresarial e decisores políticos a nível regional e nacional.

BIBLIOGRAFIA

- Al-Mubarak, H. M., Muhammad, A. H., & Busler, M. (2015). Measuring innovation: the use of indicators in developed countries. *World Journal of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development*, 11(3). <https://doi.org/10.1108/wjemsd-02-2015-0007>
- Bank, W. (2007). Knowledge Economies. In *Building Knowledge Economies - Advanced Strategies for Development*. World Bank. <https://doi.org/10.4324/9780203929698>
- Barkhordari, S., Fattahi, M., & Azimi, N. A. (2019). The Impact of Knowledge-Based Economy on Growth Performance: Evidence from MENA Countries. *Journal of the Knowledge Economy*, 10(3). <https://doi.org/10.1007/s13132-018-0522-4>
- Becker, J., Knackstedt, R., & Pöppelbuß, J. (2009). Developing Maturity Models for IT Management. *Business & Information Systems Engineering*, 1(3). <https://doi.org/10.1007/s12599-009-0044-5>
- Bleicher, J., & Stanley, H. (2016). Digitization as a catalyst for business model innovation a three-step approach to facilitating economic success. *Journal of Business Management*, 12.
- Brown, N., & Brown, I. (2019). From digital business strategy to digital transformation - How?: A systematic literature review. *PervasiveHealth: Pervasive Computing Technologies for Healthcare*. <https://doi.org/10.1145/3351108.3351122>
- Büyüközkan, G., Havle, C. A., & Feyzioğlu, O. (2021). An integrated SWOT based fuzzy AHP and fuzzy MARCOS methodology for digital transformation strategy analysis in airline industry. *Journal of Air Transport Management*, 97, 102142. <https://doi.org/10.1016/J.JAIRTRAMAN.2021.102142>
- Chanas, S., & Hess, T. (2016). How digital are we? Maturity models for the assessment of a company's status in the digital transformation. LMU Munich.
- Colli, M., Berger, U., Bockholt, M., Madsen, O., Møller, C., & Wæhrens, B. V. (2019). A maturity assessment approach for conceiving context-specific roadmaps in the Industry 4.0 era. *Annual Reviews in Control*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2019.06.001>
- Crosby, P. B. (1979). *Quality is free : the art of making quality certain*. McGraw-Hill.
- Danuso, A., Giones, F., & Ribeiro da Silva, E. (2021). The digital transformation of industrial players: A guide. *Business Horizons*. <https://doi.org/10.1016/J.BUSHOR.2021.04.001>
- Delloite. (2018). Digital Maturity Model. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Technology-Media-Telecommunications/deloitte-digital-maturity-model.pdf>
- Eekels, J., & Roozenburg, N. F. M. (1991). A methodological comparison of the structures of scientific research and engineering design: their similarities and

BIBLIOGRAFIA

differences. *Design Studies*, 12(4), 197–203. [https://doi.org/10.1016/0142-694X\(91\)90031-Q](https://doi.org/10.1016/0142-694X(91)90031-Q)

Enache, E., Marin, C., & Vechiu, C. (2009). The Knowledge Based Economy. *SSRN Electronic Journal*, 1–7. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1524767>

Eremina, Y., Lace, N., & Bistrova, J. (2019). Digital maturity and corporate performance: The case of the Baltic states. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 5(3). <https://doi.org/10.3390/joitmc5030054>

Erol, S., Schumacher, A., & Sihn, W. (2016). Strategic guidance towards industry 4.0 – A three-stage process model. *International Conference on Competitive Manufacturing*, January.

Fletcher, G., & Griffiths, M. (2020). Digital transformation during a lockdown. *International Journal of Information Management*, 55. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102185>

Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15–26. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2019.01.004>

Furjan, M. T., Tomičić-Pupek, K., & Pihir, I. (2020). Understanding Digital Transformation Initiatives: Case Studies Analysis. *Business Systems Research*, 11(1). <https://doi.org/10.2478/bsrj-2020-0009>

Ghosh, S., Hughes, M., Hodgkinson, I., & Hughes, P. (2021). Digital transformation of industrial businesses: A dynamic capability approach. *Technovation*, 102414. <https://doi.org/10.1016/J.TECHNOVATION.2021.102414>

Godin, B. (2006). The knowledge-based economy: Conceptual framework or buzzword? *Journal of Technology Transfer*, 31(1). <https://doi.org/10.1007/s10961-005-5010-x>

Gökalp, E., & Martinez, V. (2021). Digital transformation capability maturity model enabling the assessment of industrial manufacturers. *Computers in Industry*, 132, 103522. <https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2021.103522>

Gökalp, E., Şener, U., & Eren, P. E. (2017). Development of an assessment model for industry 4.0: Industry 4.0-MM. *Communications in Computer and Information Science*, 770. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67383-7_10

Grebe, M., Rüßmann, M., Leyh, M., & Franke, M. R. (2018). Digital Maturity is Paying Off. In *The Boston Consulting Group*. <https://www.bcg.com/publications/2018/digital-maturity-is-paying-off.aspx>

Hadjielias, E., Christofi, M., Christou, P., & Hadjielia Drotarova, M. (2021). Digitalization, agility, and customer value in tourism. *Technological Forecasting and Social Change*, 121334. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2021.121334>

Hallin, A., Lindell, E., Jonsson, B., & Uhlin, A. (2022). Digital transformation and power relations. *Interpretative repertoires of digitalization in the Swedish steel industry*.

BIBLIOGRAFIA

- Scandinavian Journal of Management, 38(1), 101183.
<https://doi.org/10.1016/J.SCAMAN.2021.101183>
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design Science in Information Systems Research. MIS Quarterly, 28(1), 75–105.
<https://doi.org/doi.org/10.2307/25148625>
- Ifenthaler, D., & Egloffstein, M. (2020). Development and Implementation of a Maturity Model of Digital Transformation. TechTrends, 64(2). <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00457-4>
- Iivari, N., Sharma, S., & Ventä-Olkkonen, L. (2020). Digital transformation of everyday life – How COVID-19 pandemic transformed the basic education of the young generation and why information management research should care? International Journal of Information Management, 55, 102183.
<https://doi.org/10.1016/J.IJINFOMGT.2020.102183>
- Impuls; IW Consult; FIR. (2015). IMPULS Industry 4.0 Readiness. Industry 4.0 Readiness Online Self-Check for Businesses. <https://www.industrie40-readiness.de/?lang=en>
- Ingaldi, M., & Ulewicz, R. (2020). Problems with the implementation of industry 4.0 in enterprises from the SME sector. Sustainability (Switzerland), 12(1). <https://doi.org/10.3390/SU12010217>
- Kane, G. C., Palmer, D., Philips Nguyen, A., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). Strategy, Not Technology, Drives Digital Transformation. MIT Sloan Management Review & Deloitte, 57181.
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2016). Aligning the Organization for Its Digital Future. MITSloan Management Review, 58180.
- Kieti, J., Waema, T. M., Ndemo, E. B., Omwansa, T. K., & Baumüller, H. (2021). Sources of value creation in aggregator platforms for digital services in agriculture - insights from likely users in Kenya. Digital Business, 1(2), 100007.
<https://doi.org/10.1016/J.DIGBUS.2021.100007>
- Klimko, G. (2001). Knowledge Management and Maturity Models: Building Common Understanding. Second European Conference on Knowledge Management.
- Kó, A., Fehér, P., & Szabó, Z. (2019). Digital Transformation – A Hungarian Overview. Economic and Business Review, 21(3), 371–392.
- Konopik, J., Jahn, C., Schuster, T., Hoßbach, N., & Pflaum, A. (2022). Mastering the digital transformation through organizational capabilities: A conceptual framework. Digital Business, 2(2), 100019. <https://doi.org/10.1016/J.DIGBUS.2021.100019>
- Kraus, S., Schiavone, F., Pluzhnikova, A., & Invernizzi, A. C. (2021). Digital transformation in healthcare: Analyzing the current state-of-research. Journal of Business Research, 123, 557–567. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2020.10.030>

BIBLIOGRAFIA

- Kunkel, S., & Matthes, M. (2020). Digital transformation and environmental sustainability in industry: Putting expectations in Asian and African policies into perspective. *Environmental Science & Policy*, 112, 318–329. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2020.06.022>
- Lahrman, G., Marx, F., Winter, R., & Wortmann, F. (2011). Business intelligence maturity: Development and evaluation of a theoretical model. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2011.90>
- Lanamäki, A., Väyrynen, K., Laari-Salmela, S., & Kinnula, M. (2020). Examining relational digital transformation through the unfolding of local practices of the Finnish taxi industry. *The Journal of Strategic Information Systems*, 29(3), 101622. <https://doi.org/10.1016/J.JSIS.2020.101622>
- Lee, J., Jun, S., Chang, T. W., & Park, J. (2017). A smartness assessment framework for smart factories using analytic network process. *Sustainability (Switzerland)*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/su9050794>
- Li, H., & Yang, C. (2021). Digital Transformation of Manufacturing Enterprises. *Procedia Computer Science*, 187, 24–29. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2021.04.029>
- Llopis-Albert, C., Rubio, F., & Valero, F. (2021). Impact of digital transformation on the automotive industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 162, 120343. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2020.120343>
- March, S. T., & Smith, G. F. (1995). Design and natural science research on information technology. *Decision Support Systems*, 15(4), 251–266. [https://doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)00041-2](https://doi.org/10.1016/0167-9236(94)00041-2)
- Marx, S., Flynn, S., & Kylänen, M. (2021). Digital transformation in tourism: Modes for continuing professional development in a virtual community of practice. *Project Leadership and Society*, 2, 100034. <https://doi.org/10.1016/J.PLAS.2021.100034>
- Masood, T., & Sonntag, P. (2020). Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs. *Computers in Industry*, 121. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103261>
- Massaro, M. (2021). Digital transformation in the healthcare sector through blockchain technology. Insights from academic research and business developments. *Technovation*, 102386. <https://doi.org/10.1016/J.TECHNOVATION.2021.102386>
- Matarazzo, M., Penco, L., Profumo, G., & Quaglia, R. (2021). Digital transformation and customer value creation in Made in Italy SMEs: A dynamic capabilities perspective. *Journal of Business Research*, 123, 642–656. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2020.10.033>
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). In *Journal of Manufacturing Systems* (Vol. 49). <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>

BIBLIOGRAFIA

- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3). <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>
- OECD/Eurostat. (2018). Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. In *The Measurement of Scientific; Technological and Innovation Activities*.
- OECD. (1996). Oslo Manual: The Measurement of scientific and technological activities: Proposed Guidelines fro Collecting and Interpreting Technological Innovation Data.
- OECD. (2005). Oslo Manua Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data - Third Edition. In *Communities: Vol. Third edit. Organisation for Economic Co-operation and Development*.
- Osmundsen, K., Iden, J., & Bygstad, B. (2018). Digital Transformation: Drivers, Success Factors, and Implications. *Mediterranean Conference on Information Systems Proceedings*, 12(January 2019).
- Ostmeier, E., & Strobel, M. (2022). Building skills in the context of digital transformation: How industry digital maturity drives proactive skill development. *Journal of Business Research*, 139, 718–730. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2021.09.020>
- Pereira, C. (2020a). Guia do Investidor do Tâmega e Sousa. Escola Superior de Tecnologia e Gestão – Politécnico do Porto. <https://doi.org/https://doi.org/10.26537/recipp-estg-b004>
- Pereira, C. (2020b). Manual de Competitividade e Inovação do Tâmega e Sousa. Escola Superior de Tecnologia e Gestão – Politécnico do Porto. <https://doi.org/https://doi.org/10.26537/recipp-estg-b003>
- Pham, H., Tran, Q. N., La, G. L., Doan, H. M., & Vu, T. D. (2021). Readiness for digital transformation of higher education in the Covid-19 context: The dataset of Vietnam's students. *Data in Brief*, 39, 107482. <https://doi.org/10.1016/J.DIB.2021.107482>
- Plano de Ação para a Transição Digital (p. Diário da República, 1.a Série, N. 78 de 21 de Abr). (2020).
- PWC. (2018). Industry 4.0 Self Assessment. <https://i40-self-assessment.pwc.de/i40/landing/>
- Rijswijk, K., Klerkx, L., Bacco, M., Bartolini, F., Bulten, E., Debruyne, L., Dessein, J., Scotti, I., & Brunori, G. (2021). Digital transformation of agriculture and rural areas: A socio-cyber-physical system framework to support responsabilisation. *Journal of Rural Studies*, 85, 79–90. <https://doi.org/10.1016/J.JRURSTUD.2021.05.003>
- Ritter, T., & Pedersen, C. L. (2020). Digitization capability and the digitalization of business models in business-to-business firms: Past, present, and future. *Industrial Marketing Management*, 86, 180–190. <https://doi.org/10.1016/J.INDMARMAN.2019.11.019>

BIBLIOGRAFIA

- Rockwell Automation. (2014). The Connected Enterprise Maturity Model. https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/cie-wp002_-en-p.pdf
- Salviotti, G., Gaur, A., & Pennarola, F. (2019). Strategic Factors Enabling Digital Maturity: An Extended Survey. The 13th Mediterranean Conference on Information Systems (MCIS).
- Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., ten Hompel, M., & Wolfgang, W. (2018). Acatech - Industrie 4.0 Maturity Index.
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Scremin, L., Armellini, F., Brun, A., Solar-Pelletier, L., & Beaudry, C. (2018). Towards a framework for assessing the maturity of manufacturing companies in industry 4.0 adoption. In *Analyzing the Impacts of Industry 4.0 in Modern Business Environments*. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3468-6.ch012>
- Scupola, A., & Mergel, I. (2021). Co-production in digital transformation of public administration and public value creation: The case of Denmark. *Government Information Quarterly*, 101650. <https://doi.org/10.1016/J.GIQ.2021.101650>
- Simmonds, H., Gazley, A., Kaartemo, V., Renton, M., & Hooper, V. (2021). Mechanisms of service ecosystem emergence: Exploring the case of public sector digital transformation. *Journal of Business Research*, 137, 100–115. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2021.08.008>
- Singh, S., Sharma, M., & Dhir, S. (2021). Modeling the effects of digital transformation in Indian manufacturing industry. *Technology in Society*, 67, 101763. <https://doi.org/10.1016/J.TECHSOC.2021.101763>
- Steinlechner, M., Schumacher, A., Fuchs, B., Reichsthaler, L., & Schlund, S. (2021). A maturity model to assess digital employee competencies in industrial enterprises. *Procedia CIRP*, 104, 1185–1190. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2021.11.199>
- Stich, V., Zeller, V., Hicking, J., & Kraut, A. (2020). Measures for a successful digital transformation of SMEs. *Procedia CIRP*, 93, 286–291. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2020.03.023>
- Tangi, L., Janssen, M., Benedetti, M., & Noci, G. (2021). Digital government transformation: A structural equation modelling analysis of driving and impeding factors. *International Journal of Information Management*, 60, 102356. <https://doi.org/10.1016/J.IJINFOMGT.2021.102356>
- Teichert, R. (2019). Digital transformation maturity: A systematic review of literature. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67(6). <https://doi.org/10.11118/actaun201967061673>

BIBLIOGRAFIA

- Thordsen, T., Murawski, M., & Bick, M. (2020). How to Measure Digitalization? A Critical Evaluation of Digital Maturity Models. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12066 LNCS. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44999-5_30
- Tijan, E., Jović, M., Aksentijević, S., & Pucihar, A. (2021). Digital transformation in the maritime transport sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 170, 120879. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2021.120879>
- Toanca, L. (2016). Empirical Research Regarding the Importance of Digital Transformation for Romanian SMEs. *Management and Economics Review*, 1(2).
- Troise, C., Corvello, V., Ghobadian, A., & O'Regan, N. (2022). How can SMEs successfully navigate VUCA environment: The role of agility in the digital transformation era. *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121227. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2021.121227>
- Ulas, D. (2019). Digital Transformation Process and SMEs. *Procedia Computer Science*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.101>
- Uskarcı, A., & Demirörs, O. (2017). Do staged maturity models result in organization-wide continuous process improvement? Insight from employees. *Computer Standards and Interfaces*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2017.01.008>
- VanBoskirk, S., & Gill, M. (2016). The Digital Maturity Model 4.0 - Measure Your Maturity And Develop A Digital Transformation Plan. <https://www.forrester.com/report/The-Digital-Maturity-Model-40/RES131801>
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Qi Dong, J., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- Veselá, D., & Klimová, K. (2014). Knowledge-based Economy vs. Creative Economy. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 141. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.072>
- Xiong, L., Ning, J., & Dong, Y. (2022). Pollution reduction effect of the digital transformation of heavy metal enterprises under the agglomeration effect. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129864. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.129864>
- Yang, Z., Chang, J., Huang, L., & Mardani, A. (2021). Digital transformation solutions of entrepreneurial SMEs based on an information error-driven T-spherical fuzzy cloud algorithm. *International Journal of Information Management*, 102384. <https://doi.org/10.1016/J.IJINFOMGT.2021.102384>
- Zapata, M. L., Berrah, L., & Tabourot, L. (2020). Is a digital transformation framework enough for manufacturing smart products? The case of Small and Medium Enterprises. *Procedia Manufacturing*, 42. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.024>