



***Indústria 4.0:  
Uma Abordagem Abrangente  
- Principais Características e  
Impactos em PME***

Cofinanciado pelo  
Programa Erasmus+  
da União Europeia



## Organizações Parceiras



**Editor:** *Bojan Jovanovski, FH JOANNEUM*

**Editor Técnico:** *Clarissa Maierhofer, FH JOANNEUM*

**Versão Portuguesa (AidLearn)**

**Tradutor:** *Bernardo Almeida; Revisor:* *Maria Helena Antunes*

**Versão Inglesa**

**Revisores** (por ordem alfabética)

*António José da Silva Pina, CTP – Confederação do Turismo de Portugal*

*Emmanuel DUC, SIGMA Clermont*

*Ileana Pardal Monteiro, APGICO – Associação Portuguesa de Criatividade e Inovação*

*Michael Georg Grasser, Medical University of Graz*

*Nikolaus Dontscheff, EATON Corporation*

*Vitaliy Mezhuyev, University Malaysia Pahang*

**Lista de Autores** (em ordem alfabética)

*Admira Boshnyaku, European Center for Quality Ltd.*

*Bojan Jovanovski, FH JOANNEUM*

*Clemens Fischer, FH JOANNEUM*

*Denitsa Seykova, European Center for Quality Ltd.*

*Emilie Chapotot, ESTIA*

*Fernando Sousa, AidLearn*

*Martin Tschandl, FH JOANNEUM*

*Vítor Hugo Ferreira, Polytechnic of Leiria*

**Nome do Projeto**

*Changing SME business by industry 4.0*

**Acrónimo do Projeto**

Chain Project

**Número do Projeto**

Projeto Nº 2018-1- PT01-KA203-047330

**Duração do Projeto**

01.11.2018 – 31.10.2020



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

Permitido fazer *download* e partilhar este documento, desde que devidamente referenciada a fonte, mas sem que seja alterado o conteúdo ou utilizado para fins comerciais



Cofinanciado pelo  
Programa Erasmus+  
da União Europeia

Projeto financiado com o apoio da Comissão Europeia.

A informação contida nesta publicação vincula exclusivamente os autores, não sendo a Comissão responsável pela utilização que dela ser feita

## CONTEÚDOS

Abreviações e Acrónimos .....	v
Nota de Boas-Vindas.....	1
1. Introdução .....	1
2. Teoria da Inovação e Revolução Técnica .....	4
2.1 <i>Revoluções Tecnológicas</i> .....	5
2.2 <i>A Era da Informação</i> .....	7
2.3 <i>Para onde vamos a partir daqui?</i> .....	8
3. Definição de Indústria 4.0 .....	10
3.1 <i>Digitização e Digitalização</i> .....	11
3.2 <i>Indústria 4.0</i> .....	13
4. Transformação Tecnológica e Organizacional.....	15
4.1 <i>Inovação Organizacional</i> .....	15
4.2 <i>A Transformação da I4.0</i> .....	18
4.2.1 O impacto do investimento em TIC na Empresa - um Breve Inquérito.....	18
4.2.2 Clientes .....	20
4.2.3 Processos e Cadeias de Valor .....	21
4.2.4 Produtos.....	22
4.2.5 Decisões / Organização.....	22
4.2.6. Exigências Variáveis para a Força de Trabalho.....	24
5. Inovação e Novos Modelos de Negócio .....	28
5.1 <i>Definição do Modelo de Negócio</i> .....	28
5.2 <i>Inovação do Modelo de Negócio</i> .....	29
5.3 <i>Evolução do Modelo de Negócio na Indústria 4.0</i> .....	29
5.4 <i>Novos Tipos de Modelo de Negócio na Indústria 4.0</i> .....	31
6. Impacto em PME.....	39
6.1 <i>Benefícios da adoção da Indústria 4.0</i> .....	40
6.2 <i>Obstáculos antes da adoção da Indústria 4.0 por PME</i> .....	43

7.	Conclusão .....	48
8.	Glossário .....	51
9.	Referências .....	54
9.1	<i>Capítulo 1 - Introdução .....</i>	<i>54</i>
9.2	<b>Capítulo 2 - Teoria da Inovação e Revolução Técnica.....</b>	<b>54</b>
9.3	<i>Capítulo 3 - Definição da Indústria 4.0.....</i>	<i>55</i>
9.4	<i>Capítulo 4 - Transformação Tecnológica e Organizacional .....</i>	<i>57</i>
9.5	<i>Capítulo 5 - Inovação e Novos Modelos de Negócio.....</i>	<i>60</i>
9.6	<i>Capítulo 6 – Impacto em PME.....</i>	<i>62</i>
9.7	<i>Glossário.....</i>	<i>63</i>

## Abreviações e Acrónimos

IA	Inteligência Artificial
MN	Modelo de Negócio
CPS	Sistemas Ciberfísicos
UE	União Europeia
PIB	Produto Interno Bruto
ES	Educação Superior
I4.0	Indústria 4.0
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
IoP	Internet das Pessoas ( <i>Internet of People</i> )
IoT	Internet das Coisas ( <i>Internet of Things</i> )
IoTS	Internet das Coisas e dos Serviços ( <i>Internet of Things and Services</i> )
MES	Sistemas de Execução de Produção ( <i>Manufacturing Execution System</i> )
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
PSS	Sistemas de Produtos e Serviços ( <i>Product-Service Systems</i> )
I&D	Investigação e Desenvolvimento
PME	Pequenas e Médias Empresas
EUA	Estados Unidos da América

## Nota de Boas-Vindas



**Doris Kiendl**

*Diretora do Instituto de Gestão Internacional, Universidade de Ciências Aplicadas FH JOANNEUM, Graz, Áustria*



**Vitor Hugo dos Santos Ferreira**

*Coordenador do Projeto Chain, Politécnico de Leiria, Leiria, Portugal*

Caros colegas,

Em menos de uma década, a Indústria 4.0 cresceu de uma visão indistinta para um conceito de digitização da indústria europeia. Tem como objetivo aumentar a competitividade das empresas através do desenvolvimento de inovação em produtos, processos e modelos de negócio com recurso à implementação de várias soluções tecnológicas. O âmbito da Indústria 4.0 é muito amplo, incluindo ferramentas e plataformas como: Internet das Coisas (*Internet of Things*), *Big Data* e Computação em Nuvem (*Cloud-Computing*), Sistemas Autónomos, Inteligência Artificial etc. Esta variedade contribui para a oferta de infinitas possibilidades, mas também cria barreiras de entrada para empresas com recursos limitados, o que pode contribuir para atrasos adicionais em tecnologia e produtividade de pequenas e médias empresas (PME).

Esta brochura, delineada no âmbito do projeto **“*Changing SME business by Industry 4.0*”** - Projeto CHAIN, financiado pelo programa Erasmus+ (Parcerias Estratégicas do Ensino Superior), visa aproximar a Indústria 4.0 das PME, proporcionando uma visão inicial do conceito, do seu âmbito e potencial impacto na inovação e competitividade das PME. É assim uma ferramenta que visa apoiar a fase inicial de implementação da Indústria 4.0.

O projeto Chain pretende contribuir para a iniciativa [Digitizing European Industry](#). Atualmente estamos a sofrer um processo de "desindustrialização", em parte devido ao aumento da produção noutras partes do mundo e à crescente automação. Em 2012, em resposta a este declínio da importância relativa da indústria, a CE fixou como meta que a produção representasse 20% do valor acrescentado total na UE até 2020. A Indústria 4.0 (I4.0) poderia impulsionar a produtividade e o valor acrescentado das indústrias europeias e estimular o crescimento económico. Como parte da sua nova Estratégia para o Mercado Único Digital, a CE quer ajudar todos os setores industriais a explorar novas tecnologias e gerir a transição para um sistema industrial inteligente. O que a I4.0 está a tentar alcançar é a melhoria do processo de produção,

utilizando atomização e recolha de dados. Os efeitos são gerados pela implementação de sensores, microcomputadores e transmissores que permitem que toda a fábrica não apenas tenha apenas forma física, mas também uma estrutura ciberfísica. Este facto e a computação em nuvem e outras tecnologias de última geração permitirão que as máquinas comuniquem entre si em tempo real, alcancem melhor desempenho, maior flexibilidade na personalização do produto, redução nos custos laborais, menor criação de resíduos e o tempo de inatividade das máquinas seria otimizado. O objetivo do CHAIN é facilitar, a alunos de ES e PME (gerentes e proprietários) o desenvolvimento de novas competências, para lidar com a mudança trazida por esta “revolução”. A Europa precisa de aprender a lidar com uma profunda digitalização da sociedade, que já está a diluir as linhas entre empregados e trabalhadores por conta própria, bens e serviços, ou consumidores e produtores. Há desafios para as PME em participar nas cadeias de abastecimento I4.0 (custos, riscos, flexibilidade reduzida e limitação da independência estratégica). O CHAIN pretende conceber um *Position Paper* sobre a I4.0, englobando, além da definição de I4.0 e dos seus principais elementos estruturantes, uma discussão de inovação e I4.0, uma revisão das teorias de inovação e revolução tecnológica e exemplos ilustrativos da transformação que afeta a economia e a sociedade em geral pela I4.0 e, em particular, as PME, bem como um conjunto de estudos de caso que destacam as estratégias e práticas implementadas pelas PME no contexto da digitalização crescente, os desafios que o novo paradigma coloca e os impactos práticos sobre trabalho, emprego, qualificações e modelos de negócios. O CHAIN criará um Manual para alunos e professores que servirá de base para um curso sobre I4.0. Finalmente, um documentário interativo sobre I4.0, destinado a vários públicos, estará disponível *online*.

Desejamos-lhe uma jornada bem-sucedida na quarta revolução industrial, esperando que possamos acompanhá-lo e apoiá-lo para chegar ao seu destino.

*Doris Kiendl, FH JOANNEUM*

Graz, Julho 2019

*Vítor Hugo Ferreira, Politécnico de Leiria*

Leiria, Julho 2019



# 1. Introdução

Bojan Jovanovski, FH JOANNEUM

*“A Europa só conseguirá manter a sua posição de liderança se a digitalização da indústria for bem-sucedida e rápida. Requer um esforço conjunto de toda a Europa para atrair os investimentos que precisamos para o crescimento na economia digital.”*

Günther H. Oettinger, Comissário para a Sociedade & Economia Digital

A Indústria 4.0 é a nova Revolução Industrial, focada na digitalização e integração da cadeia de valor. Esta quarta revolução industrial altera os processos de produção e as atividades logísticas ao longo da cadeia de abastecimento. O principal objetivo da implementação da Indústria 4.0 numa empresa é alcançar maior produtividade e flexibilidade. Isto não pode ser alcançado apenas por meio de melhorias no processo de produção com um meio de inovação de processo incremental e disruptivo, mas por meio de uma transformação tecnológica e organizacional completa e da atualização do modelo de negócios da empresa. Estes aspetos serão sistematicamente discutidos nos capítulos seguintes desta publicação.

Um **modelo de negócio** descreve a lógica de como uma organização cria, entrega e captura valor. (Osterwalder & Pigneur, 2010, p. 14)

Possibilitando diferentes tipos de inovações, a implementação da Indústria 4.0 promove uma evolução para sistemas nos quais a interação, e até mesmo a integração, de diferentes elementos de negócio, previamente independentes, é alcançada. Muitas grandes empresas, que possuem recursos e estratégias para o desenvolvimento, reconheceram a importância da adoção dessas novas práticas. No início desta década, os primeiros adeptos aproveitaram a oportunidade para desenvolver uma vantagem competitiva adicional, encadeando “o jogo” e definindo-o como um requisito para recuperar e manter a participação de mercado. Esta segunda onda envolve cada vez mais pequenas e médias empresas (PME), muitas das quais ainda estão na fase de triagem e análise de custo-benefício. A fim de apoiá-los neste processo, o capítulo 6 oferece uma análise dos principais benefícios e obstáculos para as PME na implementação da Indústria 4.0. Não obstante, espera-se que, como nas revoluções anteriores, quando as mudanças influenciam muitos segmentos da operação das empresas e o próprio ecossistema, aqueles que não se conseguem adaptar não sobreviverão.

Porter (1990) enfatiza a importância da competitividade no nível micro (a empresa) para a competitividade no nível macro (a nação). Ele também enfatiza a importância de uma inovação bem liderada para o desenvolvimento de vantagens competitivas. A nível nacional, a competitividade foi definida de diferentes formas por diferentes autores. Delgado *et al.* (2012) definem “competitividade fundamental como o nível esperado de produção por indivíduo em idade ativa, dada a qualidade

geral de um país enquanto um local para fazer negócios”. Eles enfatizam que a competitividade tem que ir além do nível de produtividade esperado por trabalhador, uma vez que a prosperidade está na capacidade de alcançar alta produtividade enquanto se mobiliza uma alta parcela da força de trabalho disponível. Silvia (2006), analisando diferentes definições na literatura, apresenta três abordagens chave na definição de competitividade ao nível macroeconómico: Competitividade como produtividade; Competitividade como capacidade de criar bem-estar; Competitividade como capacidade de vender em mercados externos. Felizmente, o impacto da implementação da Indústria 4.0 na competitividade da empresa tornou-se claro para os decisores políticos. Liao *et al.* (2017) estudaram 18 políticas públicas, todas baseadas nas iniciativas nacionais alemãs relacionadas com a Indústria 4.0, concluindo que, para mais da metade delas (55,6%) as suas principais metas é aumentar, manter ou recuperar a competitividade, e ainda mais (61,1%) esperam apoiar o crescimento económico. Para atingir essas metas, são realizadas atividades específicas, principalmente relacionadas com Inovação e Tecnologia (66,7%), aplicadas em três elementos: humano (61,1%), produto (55,6%) e infraestrutura (44,4%).

A preocupação com a redução da parcela de produção no PIB da União Europeia contribuiu para que a Indústria 4.0 fosse tratada muito seriamente. Um dos principais documentos é um comunicado da Comissão Europeia ao Parlamento sobre “Renascimento Industrial Europeu” em 2014 (COM, 2014/14). Destaca a computação em nuvem (*cloud computing*), *big data* e desenvolvimentos em cadeias de valor de dados, novas aplicações industriais da internet, fábricas inteligentes, robótica, impressão em 3-D e *design* como novas oportunidades tecnológicas para a modernização industrial. As conclusões deste documento centram-se no aumento da competitividade industrial através de políticas inter-áreas, aumento dos investimentos locais, nacionais governamentais e da UE, estabelecendo o objetivo específico de aumentar para 20% a contribuição da indústria para o PIB até 2020.

Para atingir este objetivo, a Comissão Europeia alocou 80 mil milhões de euros no período de 2014 a 2020 para a investigação e inovação, incluindo o apoio ao desenvolvimento de tecnologias facilitadoras essenciais, o programa Horizonte 2020. De acordo com a publicação “Primeiros resultados do Horizonte 2020” da Comissão Europeia (2015), mesmo na fase inicial, as primeiras 100 chamadas, foram alcançados muitos indicadores-chave do programa. O aumento do número de novas instituições implicadas (38%, 3 vezes mais do que no último convite do programa FP7), o elevado envolvimento das PME (o objetivo de 20% do orçamento para as PME foi atingido) e quase todas as convenções de subvenção (95%) foram assinados no período alvo. Infelizmente, teremos que esperar por mais alguns anos para avaliação *ex-post* do programa e para a medição dos impactos reais na transformação da indústria. O que está claro agora é que o foco da Comissão Europeia e do programa Horizonte 2020 encorajou os governos locais, regionais e nacionais em toda a Europa a desenvolver diferentes apoios financeiros e não financeiros para a reindustrialização e o aumento da competitividade da União Europeia. O foco na maioria destes vetores é promover a inovação através

de um maior desenvolvimento do ecossistema e apoiar as PME para a reestruturação, modernização e aquisição de conhecimento.

No geral, o panorama Europeu, por um lado, está a pressionar as PME para colocarem a implementação da Indústria 4.0 na sua agenda e, por outro, a oferecer apoio significativo nesse processo, o que torna o momento certo para começar. Esta publicação foi construída para ser o ponto inicial de preparação para esta importante transposição.

## 2. Teoria da Inovação e Revolução Técnica

Fernando Sousa, AidLearn

*“Velocidade é a nova moeda dos negócios”*

Marc Benioff, CEO, Salesforce

Inovação, como um constructo de investigação, tem as suas raízes nas áreas de economia e engenharia, mais tarde em sociologia, ciência política e educação e, apenas recentemente, psicologia social. Como mencionado por Rowley, Baregheh e Sambrook (2011), a variedade de modelos, enquadramentos, classificações e definições de inovação dificultam a compreensão da conexão entre todas as definições dadas por diferentes investigadores, bem como a relação entre os vários tipos de inovações. Schumpeter (1934) é reconhecido como sendo o primeiro a afirmar que a inovação é a introdução de um novo produto, atributos desconhecidos para o mercado, um novo atributo num produto existente, um novo método de produção ou uma nova forma de tratamento comercial de um produto, um novo mercado para o setor em questão, independentemente se o mercado já existe ou não, novos fornecedores de matérias-primas ou de semiacabados, ou alguma forma de monopólio. Schumpeter e outros académicos na sua área, como Freeman (1982), mudaram a visão do equilíbrio estático da engenharia mecânica e da economia clássica, abandonando gradualmente a procura por uma relação entre medidas macroeconómicas ou a exploração de novas tecnologias. Em vez disso, eles concentraram-se na questão dos sistemas nacionais de inovação (usando uma abordagem sistémica, ou a análise do processo de inovação nos níveis organizacionais ou institucionais) como um processo não apenas técnico, mas principalmente social, caracterizando aspetos políticos e de aprendizagem. Progressivamente, a partir de uma perspetiva de invenção, como em Cebon, Newton e Noble (1999)... *a utilidade de uma invenção na produção de novos produtos ou serviços, ou na melhoria dos existentes, ou na melhoria da forma como eles são produzidos ou distribuídos, a orientação democratizou-se, eliminando a exigência de novidade absoluta*, como em Damanpour (1984)... *a implementação de uma ideia produzida ou adotada em relação a um produto, artefacto, sistema, política, programa ou serviço que é novo para a organização quando é adotado e, recentemente, a tendência é reforçar a direção para o cliente e para o mercado*, como Coakes e Smith (2007) referem... *para introduzir os produtos certos no momento certo, nos mercados corretos, com a rede de distribuição adequada e depois continuar a atualizar, otimizar e removê-los quando necessário*.

Existem várias abordagens para identificar os diferentes tipos de inovação. Enquanto Cebon *et al.* (1999) propõem separar a adoção de produtos e processos do seu desenvolvimento, a maneira mais clássica, distinção entre produto ou inovações de processo é feita aqui. Segundo Adams (2006), a maioria dos autores concorda que a capacidade de inovação ou inovação organizacional é um terceiro tipo importante de inovação, representando o potencial da força de trabalho para promover mudanças para o benefício da organização. Como Huhtala e Parzefal (2007) afirmam... *para*

*permanecerem competitivas no mercado global, as organizações precisam de desenvolver continuamente produtos e serviços inovadores e de alta qualidade e renovar a maneira como operam, com base na capacidade contínua de inovação dos funcionários.*

Da mesma forma, e embora a inovação possa ocorrer através da adoção ou desenvolvimento de um produto ou serviço, disponível através de investimento em I&D ou aquisição de tecnologia, somente criando e sustentando uma força de trabalho criativa pode a organização desenvolver um potencial suscetível de superar problemas e situações difíceis, que não pode ser resolvido apenas através de investimentos (Cebon *et al.*, 1999). E, embora seja verdade que o uso do potencial inovador da força de trabalho não se geralmente em inovações radicais (Love & Roper, 2004), deve-se entender que é em pequenas inovações incrementais que reside o principal potencial inovador, ocupando hoje mais de 80% de todas as inovações introduzidas. Essa inovação está diretamente ligada a formas de colaboração que são cada vez mais a base da inovação (Uzzi & Spiro, 2005).

## 2.1 Revoluções Tecnológicas

Se olharmos para a evolução de como as pessoas organizam o seu trabalho, descobrimos que estamos num ciclo tecnológico que continua a revolução industrial dos anos 70, quando países destruídos pela Segunda Guerra Mundial, como a Alemanha e o Japão, começaram a refletir sobre a economia mundial. Era o fim do modelo vertical de Ford da década de 1930 de grandes empresas multidivisionais (M-Form), no qual os gestores profissionais (em vez dos proprietários) coordenavam as várias etapas da produção dentro da empresa. Este modelo foi amplamente teorizado por economistas e sociólogos como Joseph Schumpeter, Talcott Parsons, Herbert Simon ou Alfred Chandler, seguidores de Weber (Langlois, 2015).

A organização moderna tem as suas raízes na revolução norte-americana do transporte (navios a vapor e ferroviária) e das comunicações (telégrafo e cabo submarino) na década de 1870, que abriu o caminho para a revolução na produção e distribuição (Chandler, 1990). É por isso que as companhias ferroviárias tornaram-se pioneiras na administração, já desde a década de 1850, quando já havia aproximadamente 14500 km de linhas, com a empresa típica tendo menos de 50 km e não mais que 800 km. Em concerto com estas havia empresas especializadas em certos tipos de carruagens, com os respetivos armazéns, como acontecia com os vagões de petróleo ou cama. Estas empresas desenvolveram procedimentos administrativos internos, controlo financeiro e estatístico, bem como a separação entre administração e propriedade, já que o financiamento precisava de crescer além do capital familiar disponível.

O tipo de colaboração necessária entre as empresas ferroviárias, a fim de padronizar o equipamento, foi um fenómeno novo mas com pouco sucesso, dada a pressão da concorrência. Mesmo assim, foram os gerentes de nível médio que, tornando-se cada vez mais profissionais, tornaram possível uma rede integrada na década de 1880. As federações ainda se apresentavam

como uma solução, antes da construção de um sistema, já que a diminuição do tráfego forçava a redução de tarifas. No entanto, os especuladores precipitaram os acontecimentos, dando origem à fusão e à existência de empresas como a South of Santa Fe, naquela época a maior do mundo. Em 1890, as ferrovias já tinham a configuração atual e, a partir de 1893, banqueiros como J. P. Morgan desempenharam um papel fundamental e substituíram o Estado como uma entidade centralizadora de governo. E, embora os banqueiros tivessem grande poder nos conselhos de administração, os gestores profissionais tinham ainda mais, o que dava às empresas a característica de capitalismo de gestão, e não de capitalismo financeiro.

Ainda nos EUA, nos demais setores, a evolução foi mais rápida na distribuição do que na produção, principalmente nas áreas dos cereais e algodão, já que a inovação necessária era mais organizacional do que tecnológica. Antes de 1850, os vendedores por atacado vendiam por comissão, exceto nas cidades, e os revendedores de mercadorias compravam diretamente dos agricultores e vendiam para empresas de produção. Após a Guerra Civil, os vendedores por atacado foram substituídos por grandes cadeias de retalho na forma de supermercados, venda por correspondência e cadeias de lojas. A Macy's e a Bloomingdale's (1869) em supermercados, assim como a Sears & Roebuck, em compra de catálogo, foram além do conceito de supermercado, formando redes de distribuição, e tomaram o lugar dos vendedores por atacado, adotando uma política de preços unificada. Embora incluíssem a produção de bens que não encontravam a preços, especificações ou qualidade desejáveis, preferiam concentrar-se exclusivamente nas vendas. Estas empresas começaram também a usar publicidade, dando origem às primeiras agências de publicidade.

A segunda revolução industrial (1850-1970) caracterizou-se pela separação entre os proprietários da empresa e os seus gestores, feita por profissionais assalariados, bem como pela especialização funcional ou divisional (Multidivisão, ou M-Form). A General Motors, que criou o modelo pós-fordista com Alfred Sloan (1920), marcou o advento da empresa moderna, que foi mantida até a década de 1970. Tinha chegado a era do aço e da eletricidade que, combinada com o motor de combustão, permitiu um aumento radical na velocidade de transporte e produção em massa. No entanto, a verdadeira revolução na produção não foi a eletrificação, mas, 60 anos depois (1920), a sua adaptação organizacional às máquinas individuais, tal como em 1911 tinha sido a colocação das correias de transmissão nas linhas de montagem. Apesar das grandes transformações após 1871 (unificação alemã, a Longa Depressão de 1873-79, Guerra Franco-Prussiana e Comuna de Paris), 1914-18 (Primeira Guerra Mundial), 1929-34 (Grande Depressão) e 1939-45 (Segunda Guerra Mundial), este período é tratado apenas como uma revolução, que incluiu a invenção do estado social, primeiro por Bismarck, na Prússia, no final do século XIX, e depois na Inglaterra e nos países nórdicos. A Grande Depressão demonstrou a incapacidade do setor privado de manter o crescimento, equilibrando a oferta e a demanda, o que levou a um aumento progressivo da intervenção estatal na sociedade, com Keynes como seu arauto, acentuado pela Segunda Guerra Mundial e pela crise dos mega governos na década de 1970.

Esta revolução transformou as indústrias de alimentação e bebidas (por exemplo, a Quaker Oats, com a indústria de cereais matinais, Heinz com embalagem automática, Nestlé com leite condensado), devido principalmente às inovações de Thomas Edison e Werner von Siemens, que tornaram possível a produção em massa com a distribuição de energia elétrica, como já mencionado. Nos EUA, empresas como a Otis, Singer, Eastman e Westinghouse foram as primeiras a aproveitar o enorme potencial elétrico disponibilizado pelas Cataratas do Niágara.

Mas foi a indústria de armamento leve, na década de 1850, que desenhou o que pode ser apelidado de "sistema americano de produção", posteriormente aperfeiçoado por empresas como a Singer na pós-depressão de 1880, onde 75% das máquinas de costura no mundo eram produzidas. A inovação nos escritórios veio depois com a Remington (que passou de armas para máquinas de escrever) e, acima de tudo, a informatização na década de 1970, que iniciou a industrialização dos serviços.

Este período é talvez mais conhecido como Fordismo e produção em massa, que é a marca da indústria americana, embora essa designação só possa ser atribuída a Alfred Sloan, CEO da General Motors (Sloan, 1963). Embora propagadas pela indústria automóvel, as técnicas de produção em massa apareceram pela primeira vez nas indústrias de processamento de líquidos ou semi-líquidos, como petróleo bruto e cereais, algodão e tabaco.

A inovação neste período favorecia principalmente máquinas, aumentando a qualidade das matérias-primas, a aplicação intensiva de fontes de energia e o *design* das fábricas, mantendo-se assim principalmente a nível organizacional, revolucionando os movimentos dos trabalhadores na área de produção, bem como as formas de coordenação e controlo pela administração. A indústria do petróleo é um exemplo de produção contínua. Fundada em Titusville, Pensilvânia, em 1859, demorou cerca de 20 anos para que Rockefeller produzisse dois terços do petróleo mundial com apenas três grandes refinarias de petróleo. Isso teria sido impossível em indústrias como as do algodão, têxteis ou mobiliária, já que a produção teria excedido as possibilidades de consumo do mercado. Foi, de facto, a redução do consumo, durante a depressão da década de 1870, que enfatizou a necessidade de inovação organizacional em detrimento da inovação tecnológica.

## 2.2 A Era da Informação

A terceira revolução industrial (1970-?) marcou o fim do grande empreendimento vertical com a crise do petróleo e o advento das economias recuperadas da Segunda Guerra Mundial (Alemanha e Japão). Tinha chegado a Era da especialização, na qual as empresas se desintegravam e realocavam, mantendo apenas o *design*, desenvolvimento e *marketing*. Em face das políticas neoliberais inspiradas por Milton Friedman, que favoreceram a desregulamentação (por exemplo, Thatcher, Yeltsin, Carter e Reagan), e aproveitando a internet e as novas tecnologias, as empresas foram



pulverizadas, seguindo o princípio de Ronald Coase (1937) que, quando os custos de transação excedem os custos organizacionais, a empresa deve autonomizar unidades ou subcontratar serviços.

A revolução eletrônica foi semelhante à da eletricidade. Em 1956, o cabo transatlântico substituiu as comunicações de rádio e, em 1965, as comunicações via satélite foram instaladas. Na década de 1970, o computador já coordenava produção, marketing e finanças, especialmente em empresas multinacionais, que alugavam linhas telefônicas. Empresas como a Xerox, Texas Instruments ou Motorola surgiram por causa das novas tecnologias e por terem uma gama mais ampla de opções em termos de fornecedores e pontos de venda de produtos, reforçando a integração vertical.

O século XXI enfatizou a especialização (e a modularização do "Fordismo"), mas inverteu a "desverticalização", dada a necessidade de integrar conhecimento para inovar, juntamente com a necessidade de regulamentação causada pelo 11 de Setembro, a crise e os escândalos financeiros. No entanto, as políticas de Trump, talvez a principal marca deste século, estão novamente no sentido desregulatório, acentuando a tendência que já ocorreu de restaurar os nexos regionais de conhecimento, fortemente reduzidos com a realocação, juntamente com a capacidade de inovar.

### 2.3 Para onde vamos a partir daqui?

Os dias de inovação de produtos simples parecem ter acabado, já que a quarta revolução industrial (também conhecida como Indústria 4.0) dá origem a novos ecossistemas de inovação, que estão a aumentar a complexidade nas ofertas de inovação finais. E esse ritmo exponencial de mudança é cada vez mais dependente de plataformas colaborativas para obter resultados, pois temos poder de processamento sem precedentes, capacidade de armazenamento e acesso a vários caminhos de conhecimento, combinados com tecnologia emergente em campos como inteligência artificial, robótica, impressão 3D, nanotecnologia, biotecnologia, ciência dos materiais e computação quântica. Mas a questão tecnológica por si só não parece suficiente para explicar a quarta revolução em palavras simples, talvez porque esta está a ocorrer de baixo para cima. De um lado, vemos avanços e recuos em modelos organizacionais, com empresas em vários estágios de evolução (numa espécie de "revolução média 2.2"). Além disso, testemunhamos a coabitação da representação das empresas na fusão de fronteiras físicas, digitais e biológicas, com outras de modelo mais clássico (também atualizadas e bem-sucedidas no mercado). Por outro lado, estamos diante uma crise do Estado, que apresenta como um inimigo da liberdade, numa crise de ideias e de sentido, em termos de credo, expressão, vida privada e propriedade (Micklethwait & Wooldridge, 2014).

Mantendo a perspetiva organizacional, o que o século XXI nos traz é o aumento da especialização vertical, ou "desverticalização", acentuada nos anos 90 pela realocação e especialização do processo produtivo, em que as empresas poderiam reter *design*, desenvolvimento e *marketing (branding)*, mas não produção e manutenção, pós-venda, ou mesmo investigação. Assim



como a globalização pós-Guerra Civil dos EUA foi revolucionária por meio da padronização e do volume de produção, o atual *outsourcing* também é, em resposta às possibilidades de coordenação e extensão dos mercados permitidos pela tecnologia. De certo modo, é um retorno ao sistema Fordismo modular, mas de uma maneira não-vertical, em que a distribuição acaba por desempenhar o papel principal na criação de valor, entendida como a capacidade de entregar a máxima utilidade possível ao consumidor final, a um custo mínimo.

Se tivermos dúvidas sobre a evolução do modelo organizacional, não será certamente sobre o facto de que a criatividade e o conhecimento continuarão a ser fundamentais para a inovação. Independentemente da forma organizacional adotada, sabemos que a crescente especialização do conhecimento será cada vez mais baseada em equipas colaborativas, cuja integração requer técnicas sociais sofisticadas para produzir inovação coletiva. Equipas que são guiadas por formas de liderança capazes de efetuar o ajuste entre fins e meios, à medida que as condições externas mudam.

É na manutenção de um equilíbrio entre as rotinas da empresa, capaz de gerar formas automáticas de resolução de problemas e a criação de novas capacidades de gerar mudança, que a primazia das pessoas continuará a impulsionar a evolução das organizações. Um conhecimento feito de carácter tácito e subjetivo, dificilmente transmissível fora das redes em que está estabelecido, e mais visível nas conexões entre os indivíduos do que nos próprios indivíduos.

### 3. Definição de Indústria 4.0

*Martin Tschandl, FH JOANNEUM*

*Clemens Fischer, FH JOANNEUM*

*Emilie Chapotot, ESTIA*

Cerca de 80% de todas as exportações europeias são bens industriais. A indústria europeia representa 16% do PIB da UE e emprega cerca de 32 milhões de pessoas em mais de 2 milhões de empresas. Estes números demonstram que a indústria é um motor de prosperidade e crescimento na Europa (Plattform Industrie 4.0, 2019). Durante muitas décadas, o processo contínuo de automação industrial e digitalização tem sido uma das fontes para as empresas europeias terem sucesso na competição global. Em 2011, na feira de Hannover, uma iniciativa política marcou esse processo com uma etiqueta “Indústria 4.0” como uma proposta para o desenvolvimento de um novo conceito de política económica alemã baseada em estratégias de alta tecnologia (Mosconi, 2015) para preservar e fomentar a competitividade industrial. Em quase todos os países europeus, a indústria é agora forçada a uma digitalização maior e mais sistemática para se tornar mais eficiente (redução de custos), mais flexível (produtos individualizados sem aumento de custos) e - acima de tudo - para inovar novos modelos de negócios digitalizados. Assim, a digitalização tornou-se um fator de sucesso indispensável para as empresas europeias (Tschandl / Kogleck, 2018). Antes de usar o Indústria 4.0 como um conceito comum em massa no mundo, muitas iniciativas estratégicas foram conduzidas (Figura 3-1). Dependem principalmente da origem geográfica: “Produção inteligente” nos Estados Unidos da América, “Internet +” na China, “Fábrica do futuro” na França e finalmente “Indústria 4.0” na Alemanha.

Além disso, o surgimento e, finalmente, a omnipresença das soluções de IoT nas nossas vidas diárias forçam as indústrias a adaptarem a sua organização a um alto nível de conectividade. A reviravolta das nossas práticas trazida pela Internet e pelas tecnologias digitais atingiu agora o processo de fabricação nas indústrias. Esta necessidade de conexão inicia uma mudança profunda e dá um novo paradigma - Indústria 4.0. Baseia-se na organização holística dos processos. A nova organização considera a descentralização de decisões com informação espalhada por todas as entidades da empresa. Assim, a empresa será mais célere de resposta e mais ágil no confronto com as mudanças do ecossistema. Os executivos precisam de reformular o seu modelo de negócios para iniciar a transição para a Indústria 4.0. Esta refere-se a um fenómeno relacionado com novos usos do consumidor e novos objetos que impactam diretamente os modelos de negócios e organizações atuais. Está cada vez mais associada à definição de digitalização e este termo é cada vez mais utilizado no contexto da transformação digital das empresas (Mário, Hihigoyen, 2019). Enfrentando a ruptura digital, a transformação digital tornou-se numa questão importante e estratégica para todas as organizações de todos os portes: negócios, marketing, recursos humanos, processos de produção, sistemas de informação, dados, etc. (Vivier, Ducrey, 2019).



Figura 3-1: Panorama das Iniciativas Europeias sobre a Digitização da Indústria (Comissão Europeia – estado 11/2018)

### 3.1 Digitização e Digitalização

Fraysee (2013) baseou a sua definição de digitalização em três abordagens diferentes: Primeiro, do ponto de vista comercial, a digitalização é como alterar parcial ou totalmente um produto, serviço, marca ou uma atividade comercial no mundo digital. Esta transformação também considera as tecnologias da informação e comunicação, bem como os usos conectados do consumo. Em segundo lugar, do ponto de vista organizacional, corresponde à condução da mudança inerente à integração das TICs (Tecnologias de Informação e Comunicação) nos processos e organização do trabalho. Terceiro, pode ser definido como a explosão da vida que é diariamente associada a múltiplos ecrãs. Brennen e Kreiss, no entanto, baseiam a sua definição na terceira visão de Fraysee, a vida social e como as pessoas interagem umas com as outras nos anos 10 do século XXI (Brennen, Kreiss, 2014; Bloomberg, 2018).

**Internet of Things** - Uma infra-estrutura global para a sociedade da informação, permitindo serviços avançados através da interconexão (física e virtual) de coisas com base em tecnologias de informação e comunicação inter-operáveis existentes e em evolução. (ITU-T, 2012)

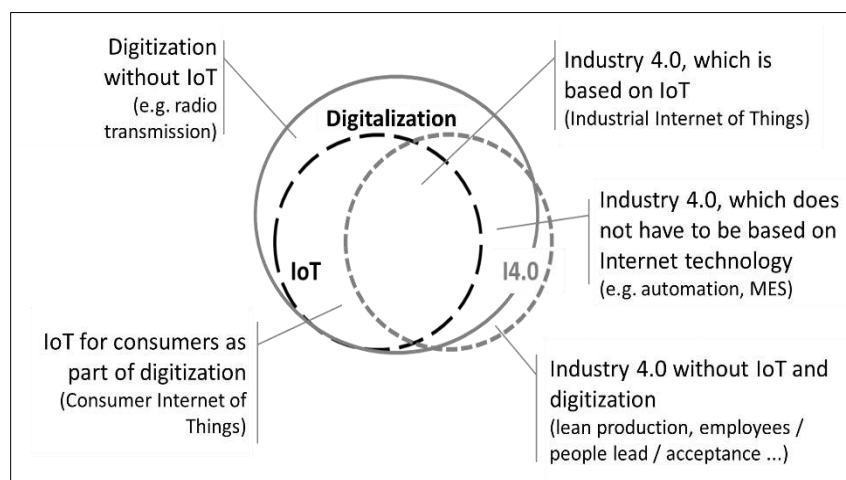
Num sentido restrito, a digitalização no contexto industrial pode-se definir como a transformação de modelos de negócios usando tecnologias digitais e a criação de redes de *Internet of Things* (IoT) para criar valor (Wallmüller, 2017; BMWI, 2015). Isto implica a crescente transformação de (todas) informações analógicas em dados que podem ser processados com tecnologias da informação (digitização). A digitalização pode ocorrer em três níveis: (1) produtos e serviços, (2) processos e decisões e (3) modelos de negócios (Matzler et al., 2016).

**Digitização** é definida como a conversão de informação analógica em qualquer formato (texto, fotografias, voz, etc.) para formato digital. (Schallmo e Williams, 2018)

Geralmente a digitalização implica a integração das tecnologias digitais na vida quotidiana pela digitalização de tudo o que pode ser digitalizado. Consequentemente, a digitalização pode ser definida, como a conversão de informação analógica em qualquer forma (texto, fotografias, voz, etc.) para formato digital (Schallmo e Williams, 2018) com dispositivos eletrónicos adequados (como um scanner ou chips de computador especializados) para que as informações possam ser processadas, armazenadas e transmitidas através de circuitos, equipamentos e redes digitais. Neste contexto, três termos são parcialmente sobrepostos na literatura: digitalização, Internet of Things (IoT) e Indústria 4.0 (I4.0).

**A digitalização** implica a integração das tecnologias digitais na vida quotidiana pela digitalização de tudo o que pode ser digitalizado. (Schallmo e Williams, 2018)

Os termos sobrepõem-se parcialmente e podem ser diferenciados analiticamente da seguinte forma (ver Figura 3-2): A digitalização abrange todo o campo IoT do consumidor (IoT do consumidor, por exemplo: smartphones, televisores) e uma grande parte da Indústria 4.0, sendo a última uma parte se sobrepõe à IoT (Industrial IoT), mas também possui componentes que podem funcionar sem a tecnologia da Internet (por exemplo: automação, Manufacturing Execution Systems [MES]).



**Figura 3-2: Definição de termos em digitalização**

Uma parte menor, mas ainda mais importante, da Indústria 4.0 que não inclui as tecnologias digitais é a *lean production* (produção enxuta) - gestão e pessoas (por exemplo, problemas de aceitação). Finalmente, há também tecnologias digitais fora dos termos da IoT e da Indústria 4.0 (por exemplo, transmissão de rádio digital) (Bischof, Tschandl e Brunner, 2017).

## 3.2 Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é a quarta de uma série de revoluções industriais (Lasi et al., 2014). Três revoluções industriais até agora levaram a mudanças de paradigma no processo de fabricação, como a mecanização da água e do vapor, a produção em massa nas linhas de montagem e a automatização por meio de soluções de TI (Danjou et al, 2018). A quarta revolução industrial marca uma nova etapa na transformação da organização das empresas. Ao longo de toda a implementação do fenômeno Indústria 4.0, muitas definições foram dadas dependendo do contexto das aplicações. No entanto, os termos Indústria 4.0, assim como a digitalização, ainda não estão definidos universalmente. Os componentes essenciais da Indústria 4.0 são a integração técnica de sistemas ciberfísicos na produção e logística, a sua interconexão via Internet of Things and Services (IoTS), bem como as implicações para a criação de valor, modelos de negócios, organização do trabalho e serviços a jusante.

Mais específica e difundida é a definição da “Platform 4.0” (Obermaier, 2016), para a qual o termo é sinónimo da quarta revolução industrial, um novo nível de organização e controlo de toda a cadeia de valor ao longo do ciclo de vida dos produtos. A base é a disponibilidade de todas as informações relevantes em tempo real através da criação de redes entre todas as entidades envolvidas na criação de valor. A combinação de pessoas, objetos e sistemas cria redes dinâmicas, em tempo real, otimizadas e auto-organizadas, de criação de valor entre empresas, que podem ser otimizadas de acordo com diferentes critérios, como custo, disponibilidade e consumo de recursos.

Kagermann et al. (2013) descrevem a Indústria 4.0 como uma coleção de sete conceitos. Fábricas inteligentes, sistemas ciberfísicos, auto-organização, novos sistemas de distribuição e aquisição, novos sistemas de desenvolvimento de produtos e serviços, adaptação às necessidades humanas e responsabilidade social corporativa.

**Internet das Pessoas** - Todas as funções de rede levam em consideração que os dispositivos da Internet podem ser dispositivos pessoais dos utilizados e, portanto, exploram modelos do comportamento humano para determinar o modo como esses dispositivos devem operar na rede (Conti M., Passarella A., 2017).

Hermann et al. (2014) sugerem a definição da Indústria 4.0 em torno da sua capacidade de projetar e fornecer novos produtos para a intensificação da variedade e complexidade com baixo custo e baixo impacto ambiental. Isto implica que a Indústria 4.0 apresenta um conjunto de tecnologias e conceitos ligados à reorganização da cadeia de valor (Hermann et al., 2015).

Zezulka et al. (2016) afirmam que a Indústria 4.0 é usada por três fatores mutuamente interconectados; digitalização e integração de qualquer técnica simples e complexa, digitização de oferta de produtos e serviços e novos modelos de mercado. Todas as atividades humanas estão interconectadas graças às soluções de Internet (IoT-Internet of Things, IoS-Internet of Services (Lasi et al., 2014; Ning, Liu, 2015) and IoP-Internet of People). Estas tecnologias ajudam as empresas a disseminar informações durante todos os sistemas de ciclo de vida.

Nas suas investigações sobre a identificação de riscos, oportunidades e fatores críticos de sucesso para a Indústria 4.0 em PMEs, (Moeuf et al., 2018) dão uma definição de Indústria 4.0 que foca particularmente a direção específica das PME. “A Indústria 4.0 é uma abordagem de direção industrial que visa a sincronização de fluxo em tempo real e a ordem de encomenda (*Build to Order/ BTO*) unitária e personalizada dos clientes”.

A evolução devida a novas tecnologias e novos modelos de mercado destaca a necessidade de identificar novos desafios em termos de gestão, habilidades, trabalho e organização. É mencionado no Livro Branco publicado pela Comissão Europeia (COM (2017) 2025), “Aproveitar ao máximo as novas oportunidades, enquanto se mitiga qualquer impacto negativo, exigirá um investimento massivo em competências e uma grande reformulação dos sistemas de educação e aprendizagem ao longo da vida.” Este é o principal objetivo do projeto CHAIN para mudar os negócios das PMEs, introduzindo os conceitos da Indústria 4.0 e preparando um novo futuro com diretrizes estratégicas para os estudantes do ES.

## 4. Transformação Tecnológica e Organizacional

Vítor Hugo Ferreira, *Politécnico de Leiria*

### 4.1 Inovação Organizacional

A inovação é um dos principais impulsionadores da transformação organizacional. É quase certo que, através da adoção da inovação, as organizações poderão enfrentar desafios crescentes, ter sucesso e permanecer à frente de países com custos de mão-de-obra baratos (Cardozo et al., 1993). Um relatório da OCDE (2010) enfatizou o potencial da inovação para o crescimento económico a longo prazo, bem como o seu papel determinante no desenvolvimento económico e na competitividade de nações e empresas (Cefis & Marsili, 2006; Tellis, Prabhu, & Chandy, 2009). I4.0 e os seus principais "componentes" são inovações que podem ajudar as empresas a melhorar a sua competitividade.

**Inovação** é a implementação de um produto novo ou significativamente melhorado (bem ou serviço), ou processo, um novo método de marketing ou um novo método organizacional em práticas comerciais, organização do local de trabalho ou relações externas. Manual de Oslo (OCDE, 2005: 46)

O âmbito da inovação e seus conceitos relacionados é amplo. Os autores fazem distinções entre "difusão" e "adoção" de inovações (Kimberly e Evanisko, 1981), bem como entre os estudos de "inovação" e "propensão à inovação" (Van de Ven & Rogers, 1988). Embora possa haver uma sobreposição entre estes conceitos, vários estudos concentram-se na adoção de inovações nas organizações e examinam propriedades organizacionais que melhoram ou prejudicam a inovação organizacional.

A adoção da inovação é projetada para abranger a geração, desenvolvimento e implementação de novas ideias ou comportamentos. Uma inovação pode ser um novo produto ou serviço, uma nova tecnologia de processo de produção, uma nova estrutura ou sistema administrativo ou um novo plano ou programa relacionado com os membros da organização. Assim, inovação também pode ser definida como a adoção de um dispositivo, sistema, política, programa, processo, produto ou serviço novo para a organização adotante, seja gerado internamente ou adquirido de fora (Daft, 1982; Damanpour & Evan. M, 1984; Zaltman, Duncan e Holbek, 1973).

Vários dos conceitos discutidos nos capítulos anteriores fazem parte de uma nova maneira de pensar da indústria e empresas, pois a adoção da Indústria 4.0 faz parte de um processo de inovação, mas esse processo de inovação não é apenas tecnológico, mas também organizacional (a adoção dessa estrutura é uma inovação organizacional).

Na sua investigação, Ram et al. (2016), apresentaram o aperfeiçoamento do modelo de processo de inovação desenvolvido por Rogers (1995), composto pelas fases de iniciação, adoção,



implementação e seu uso, o que resulta no impacto no desempenho. Os autores definem as fases do processo de inovação, como iniciação, adoção, implementação e uso. A iniciação é definida como a fase que visa o reconhecimento de uma necessidade, a fim de encontrar soluções, identificar inovações adequadas e propor algumas para adoção (Damanpour e Schneider, 2006). A fase de adoção, que para Bouwman et al. (2005) é uma fase de tomada de decisão em que as organizações consideram investir em inovação. É uma etapa que reflete a avaliação da ideia proposta pelas perspectivas técnica, financeira e estratégica, possibilitando a decisão de aceitar uma ideia e fornecendo recursos para sua aquisição, alteração e assimilação (Damanpour e Schneider, 2006). Esta é a fase em que a maioria das empresas europeias se pode encontrar em relação à Indústria 4.0.

A etapa de implementação inclui estratégias de enquadramento que podem neutralizar a resistência potencial dos utilizadores, além de familiarizar e treinar os utilizadores nas aplicações, atuando como uma ponte para traduzir a decisão de adoção organizacional numa série de decisões individuais de adoção (Bouwman et al., 2005). O uso é definido como a etapa em que os membros de uma organização começam a aplicar a inovação tecnológica nas suas atividades operacionais diárias (Bouwman et al. 2005). As organizações adotam inovações para obter melhorias de desempenho (Damanpour e Schneider, 2006), pois a disseminação e adoção da I4.0 dependem claramente da disseminação do conceito, mas também da capacidade das empresas de perceber as vantagens desse conceito. De acordo com um estudo realizado pela empresa de consultoria Deloitte (2018), apenas um terço dos executivos entrevistados estão altamente confiantes de que são capazes de atuar como administradores da sua organização durante esse período de mudança. Além disso, apenas 14% estão altamente confiantes que as suas organizações estão prontas para aproveitar totalmente as mudanças associadas à Indústria 4.0. E embora os executivos digam que os seus atuais investimentos tecnológicos são fortemente impulsionados por tecnologias que podem suportar novos modelos de negócios, muito poucos executivos afirmam ter um forte argumento comercial para investir em tecnologia avançada (Deloitte, 2018). Quando perguntados quais eram os obstáculos, os executivos costumam apontar falta de alinhamento interno (43%), falta de colaboração com parceiros externos (38%) e foco no curto prazo (37%) (Deloitte, 2018).

**Inovação de produto:** Um bem ou serviço novo, ou significativamente melhorado. Isto inclui melhorias significativas nas especificações técnicas, componentes e materiais, *software* no produto, facilidade de uso ou outras características funcionais. (OCDE, 2005)

**Inovação de processo:** Um método de produção ou entrega novo, ou significativamente otimizado. Isto inclui mudanças significativas nas técnicas, equipamentos e/ou *software*. (OCDE, 2005)

**Inovação de marketing:** Um novo método de marketing que envolve mudanças significativas no *design* ou na embalagem do produto, na colocação do produto, na promoção ou no preço do produto. (OCDE, 2005)

**Inovação Organizacional:** Um novo método organizacional de práticas comerciais, do local de trabalho ou relações externas. (OCDE, 2005)

A Indústria 4.0 é principalmente uma inovação organizacional. A inovação organizacional abrange a criação, aceitação e implementação de novos processos, produtos ou serviços de um



ambiente organizacional, a fim de alcançar melhores resultados (West, 2000). Na visão dos autores Lambert e Cooper (2000), quando se fala em inovações organizacionais, entendemos mudanças na estrutura e processos resultantes da implementação de novos conceitos e práticas de gestão e de trabalho, que podem incluir a implementação do trabalho em equipa na cadeia de suprimentos gestão ou em sistemas de gestão da qualidade.

Seguindo estas definições, podemos identificar elementos organizacionais que apontam para uma definição mais específica de inovação organizacional. De facto, Damanpour e Aravind (2012) definem inovação organizacional como o conjunto de atividades que levam a mudanças na estrutura, estratégia e sistemas da empresa.

Portanto, a inovação é uma forma de mudar uma organização, seja como resposta a mudanças no seu ambiente interno ou externo ou como uma ação preventiva tomada para influenciar um ambiente. Como até os ambientes mais estáveis mudam (Hage, 1980), as organizações inovam continuamente ao longo do tempo. Assim, a propensão à inovação organizacional é representada com mais precisão quando várias inovações são consideradas, em vez de inovações isoladas.

Com base numa investigação sobre inovação organizacional no setor de negócios dinamarquês, Gjerding (1996) afirmou que a inovação organizacional é mais frequente na indústria do que no setor de serviços.

Seguindo os autores mencionados anteriormente, podemos afirmar que a inovação organizacional na empresa inclui:

- introdução de estruturas organizacionais significativamente alteradas
- aplicação de técnicas avançadas de gestão
- implementação de diretrizes estratégicas novas ou substancialmente alteradas

Um grande número de recursos foi canalizado para a inovação tecnológica (processos e produtos), mas não é suficiente - inovações organizacionais, metodológicas e de gestão precisam de ser consideradas com urgência. Mol e Birkinshaw (2009) argumentam que as empresas podem beneficiar da sua capacidade de investir em inovação organizacional simultaneamente com a capacidade de investir em inovações de produtos e processos. Acosta et al. (2015) seguem outros autores e mostram, para uma amostra de PME's espanholas, que a inovação organizacional tem um papel mediador entre vários fatores determinantes e desempenho. Prange e Pinho (2017) destacam o papel mediador da inovação organizacional entre motivação pessoal e desempenho internacional. Num estudo realizado por Camisón e Villar-López (2014), os autores afirmam que os gerentes não se devem concentrar apenas em inovações tecnológicas ou não tecnológicas. A introdução de novas práticas e métodos organizacionais é importante e tem um efeito positivo no OP, facilitando o desenvolvimento de inovações em processos e produtos, embora neste último caso ocorra indiretamente por meio de processos. Bingi et al. (1999) e Davenport (1998) concluíram através da

sua investigação que mudanças nos processos de negócios resultam em grandes mudanças organizacionais para aqueles que executam as melhores práticas.

Resumindo, a I4.0 é um conceito amplo que inclui novas tecnologias, mas também novas formas de pensar sobre produção, inovação, trabalho e atendimento ao cliente. Como tal, podemos considerar isso como uma “Inovação Organizacional”, uma vez que inclui a introdução de estruturas organizacionais significativamente alteradas, novas técnicas de gestão e novas diretrizes estratégicas. Esse tipo de inovação complementa as inovações tecnológicas que as empresas podem introduzir, impulsionando o desempenho e mudando as empresas.

## 4.2 A Transformação da I4.0

### 4.2.1 O impacto do investimento em TIC na Empresa - um Breve Inquérito

O valor de novas tecnologias e *software* para a organização pode ser representado como o impacto na organização resultante do seu uso, tanto ao nível dos processos de negócios quanto no desempenho organizacional, incluindo os impactos na eficiência e eficácia ou na competitividade (Melville et al. al., 2004). Investimentos em tecnologias como as que fazem parte desta estrutura I4.0 podem fornecer impactos diferenciados. Kraemer et al. Gurbaxani et al. (1994) encontraram dez dimensões diferentes para os impactos das tecnologias relacionadas às TIC no desempenho organizacional, das quais várias fazem parte da I4.0 atualmente:

1. Eficácia organizacional, em relação ao impacto potencial das TIC nos processos de tomada de decisão, comunicação, coordenação e planeamento.
2. Eficiência organizacional, em relação ao aumento da margem bruta e redução dos custos e produtividade do trabalho.
3. Inovação na introdução de novos produtos e / ou serviços no mercado, introduzindo novos recursos possibilitados pela tecnologia, reduzindo os tempos de desenvolvimento de novos produtos e aumentando a confiabilidade em termos de qualidade e prazos de entrega.
4. Automação da produção - aumento da capacidade de produção e redução dos custos de *design* e personalização do produto para pequenos segmentos de mercado.
5. Relacionamento com os clientes em termos de facilidade de troca de informações e transações em tempo real.
6. Melhoria de produtos e / ou serviços em termos de qualidade e tempo de ciclo.
7. Coordenação interorganizacional com os principais parceiros de negócios, permitindo a expansão geográfica do mercado alvo e melhor coordenação com clientes e fornecedores.
8. Relacionamento com fornecedores, reduzindo custos de transação e troca de informações mais rápida.

9. Suporte de marketing em investigação de mercado e identificação de novos segmentos de mercado.
10. Dinâmicas competitiva, em termos de construção de barreiras à entrada e redução do tempo de resposta ao mercado.

Zuboff (1985) identificou automação e informação como as duas principais dimensões dos objetivos corporativos nas implementações relacionadas às TIC. Os investimentos em automação e suporte a transações visam a eficiência das operações, geralmente em termos de redução de custos e substituição de mão-de-obra por capital. Os investimentos em informação são projetados para fornecer mais e melhores recursos de informação e comunicação para melhorar os processos de tomada de decisão. Turner e Lucas (1985) acrescentaram a dimensão estratégica cujos investimentos procuram mudar a maneira como a organização compete ou até a natureza dos seus produtos e / ou serviços, com o objetivo de aumentar a participação no mercado e obter vantagem competitiva. Para desenvolver um instrumento de medição que identifique as várias dimensões dos benefícios dos projetos de sistemas de informação, Mirani e Lederer (1998) identificaram três subdimensões para cada uma das três dimensões principais:

#### **Benefícios estratégicos:**

- Vantagens competitivas fornecidas pelas mudanças nos processos de negócios;
- Alinhamento caracterizado pelo apoio aos objetivos organizacionais e uma melhor conexão da organização com o seu ambiente imediato e geral;
- Relações com clientes, para melhoria da imagem externa.

#### **Benefícios informativos:**

- Velocidade e facilidade de acesso às informações para tomada de decisão;
- Qualidade da informação, tornando-a mais útil, confiável e precisa;
- Flexibilidade da informação, facilitando a sua manipulação em termos de conteúdo e forma.

#### **Benefícios transacionais:**

- Custos de comunicação;
- Desenvolvimento de sistemas em termos de custo e tempo;
- Eficiência dos processos de negócios e melhor uso de recursos materiais e humanos.

Mooney, Gurbaxani e Kraemer (1996) propuseram três efeitos complementares das TIC nos processos de negócios que podem criar valor para as organizações. Primeiro, o efeito da automação, essencialmente relacionado à eficiência. O uso de sistemas robóticos de produção ou sistemas *just-in-time* são exemplos disso, resultando em maior produtividade ou redução de custos (Hitt & Brynjolfsson, 1996; Mukhopadhyay, Kekre e Kalathur, 1995). O segundo efeito, o informativo, deriva da capacidade das TIC de recolher, armazenar, processar e disseminar informações. Este efeito fornece uma melhoria da qualidade na tomada de decisões, comunicação e relacionamento com as

partes interessadas, qualidade do planeamento e eficácia geral da organização (Goodhue, Wixom e Watson, 2002). Terceiro, o efeito transformacional, que se refere à capacidade das TIC de facilitar e apoiar a inovação e a mudança na maneira como os processos de negócios são executados. Este efeito pode resultar em reduções no tempo do ciclo, maior capacidade de resposta e flexibilidade da organização e redesenho da estrutura organizacional.

Davenport et al. (2004) argumentam que o impacto destes tipos de sistemas no desempenho é realizado através de três vetores: integração, otimização e informação. A integração vem da centralização e padronização de bancos de dados e aplicações, facilidade de acesso e partilha de informações com toda a organização, bem como com os seus principais parceiros de negócios. A otimização está ligada à melhoria, mudança ou reestruturação dos processos de negócios e ao ajuste mútuo entre as práticas atuais ou desejáveis de trabalho e o sistema. As informações estão relacionadas com o uso do sistema para melhorar a tomada de decisões na empresa e implicam a produção de informação confiável, consistente, completa, oportuna e acessível em toda a organização.

Observando a estrutura de tecnologias I4.0, podemos mapear impactos mais específicos do que os descritos acima.

#### 4.2.2 Clientes

Espera-se que estas tecnologias permitam experiências mais adaptadas e atraentes para os clientes, desde investigação e vendas iniciais até à gestão de contas e serviço pós-venda (Hood et al., 2016; Cotteleer e Sniderman, 2017). Os clientes podem interagir com a empresa por meio de vários pontos de contato, que geram dados que podem ser agregados com informações históricas e dados de outros clientes para entender melhor e até prever as preferências do cliente, ou ser reutilizados no processo de investigação e desenvolvimento para informar ofertas futuras melhores (Cotteleer e Sniderman, 2017). Essas informações recolhidas pelos sistemas interconectados podem melhorar as estratégias de vendas e marketing, expandir a experiência do cliente e permitir que as empresas e seus parceiros ofereçam suporte pós-venda aos clientes, fortalecendo a relação com os clientes (Hood et al., 2016; Cotteleer e Sniderman, 2017). A jornada do cliente será determinada não apenas pelo produto físico, mas pelas informações, análises e personalização que tornam a interação do cliente com esse objeto mais transparente e pelas maneiras como a empresa age com base nas informações recolhidas. Por meio de produtos interconectados, marketing digital, cadeias de valor conectadas, as empresas manterão um grau mais forte de conexão tanto internamente como pela sua rede, e rentabilizarão melhor os produtos e serviços (Hood et al., 2016; Cotteleer e Sniderman, 2017).

### 4.2.3 Processos e Cadeias de Valor

Todas as empresas possuem uma cadeia de suprimentos, embora estas possam ser bastante singulares, tendo em conta a especificidade de cada empresa (Cotteleer e Sniderman, 2017). Essas cadeias de suprimentos são compostas de materiais, peças e outras substâncias físicas, mas também de dados, informações e conhecimentos em que as empresas confiam para funcionar. A Indústria 4.0 possibilitou o aparecimento de fábricas inteligentes, permite a interconexão de recursos logísticos e redes de suprimentos e informa processos de planeamento e inventário, permitindo que as empresas aprendam e melhorem as suas decisões (Cotteleer e Sniderman, 2017).

A ideia da **cadeia de valor** é baseada na visão das organizações em processo, na ideia de ver uma organização de produção (ou serviço) como um sistema, composto de subsistemas, cada um com entradas, processos de transformação e saídas. Como as atividades da cadeia de valor são realizadas determina os custos e afeta os lucros. (Porter, 1985)

Com a integração das tecnologias IoT (Internet of Things), *softwares* integrados ajustam-se para recolher dados de máquinas, produção, peças, robôs e a adição de IA (que usa todos os dados recolhidos para aprender e otimizar) as empresas aprendem instantaneamente em vez de monitorar processos de maneira linear e operando reactivamente. Estas mudanças podem levar a produtos, sistemas e serviços melhor projetados e decisões mais inteligentes, possivelmente um uso mais eficiente dos recursos e uma melhor capacidade de prever necessidades futuras (Mussomeli et al., 2016; Cotteleer et al., 2016; Cotteleer e Sniderman, 2017). Este processo vincula todo o processo de *design* e produção a uma cadeia de dados unificada que se estende do conceito inicial de design à peça finalizada (Cotteleer et al., 2016; Cotteleer e Sniderman, 2017). Com toda essa integração e dados, as empresas são capazes de prever e compreender as suas máquinas (estado e capacidade), instalações, simular cenários possíveis e compreender os impactos das mudanças num nó da cadeia de valor em relação ao resto da rede (Parrott e Warshaw, 2017; Cotteleer e Sniderman, 2017). Tang (2018) exemplifica esse processo numa empresa que usa tecnologia emergente para construir o processo inteligente de fabricação e a integração vertical (a empresa usa sensores para recolher os dados de fabricação para análise, onde os resultados são mostrados num sistema móvel imediatamente para gestores e operadores que controlam o processo de fabricação e a produtividade). A I4.0 transforma a empresa, conduzindo a mudança de operações / processos de negócios lineares sequenciais para sistemas unificados, abertos e conectados que podem modificar indústrias e estabelecer uma base de como as empresas operam, colaboram e competem no futuro (Mussomeli et al., 2016; Cotteleer e Sniderman, 2017). Tecnologias digitais, inteligentes e conectadas mudam a forma como os consumidores e outras partes interessadas interagem com uma empresa ou os seus produtos e serviços.

Mas não são apenas a cadeia de suprimentos ou processos de fabricação que estão a mudar. As operações comerciais e o crescimento da receita também são afetados. As empresas tornam-se mais eficientes e sustentáveis, reduzindo desperdícios, tempo e custos, e melhoram a sua capacidade de motivar e envolver os trabalhadores. As melhorias operacionais incluem aumentos de

produtividade derivados da melhoria da eficiência da mão-de-obra e da gestão de custos e precisão do cronograma (monitorização inteligente, otimização, manutenção preditiva) e reduções de riscos (como mitigação de riscos geográficos, nos dados e fornecedores e garantia de disponibilidade de materiais) (Mussomeli et al, 2016; Cotteleer e Sniderman, 2017). A capacidade de corrigir e aprender com os dados em tempo real pode tornar as organizações mais proactivas, flexíveis, preditivas e capazes de resposta pronta, além de permitir que a organização evite o tempo de inatividade operacional e outros desafios de produtividade (Cotteleer et al., 2016) O crescimento da receita pode incluir melhorias incrementais, como o uso de dados do cliente para expandir a compreensão do cliente e a descoberta de novas eficiências nos principais negócios, assim como fluxos de receita completamente novos, como o uso de dados de sistemas vinculados para criar novos produtos e serviços ou o uso de dados de procura / dados de marketing e tecnologias digitais para diversificar para novos mercados (Mussomeli et al., 2016; Cotteleer e Sniderman, 2017).

#### 4.2.4 Produtos

O uso de dispositivos que se possam vestir, sensores, dispositivos de IoT, recolha e análise de dados e *machine learning*, fabricação avançada na forma de fabricação aditiva, controlo numérico avançado de computador e robótica podem levar a produtos e serviços completamente novos. Permite rápida prototipagem, teste e conectividade em produtos anteriormente desconectados, a novas ofertas inovadoras (Parrott e Warshaw, 2017; Cotteleer e Sniderman, 2017). Estes produtos tornam-se inteligentes e abrem uma porta para novos modelos de negócios, pois as empresas podem vender dados e serviços além de objetos físicos. Os dados de produtos no campo também podem ser muito importantes. Sinais digitais das interações do cliente com ativos em campo - ou dos próprios ativos - podem permitir um melhor serviço, reivindicações aprimoradas de garantia, visibilidade dos padrões de uso e dados para gerar receita (Parrott e Warshaw, 2017; Cotteleer e Sniderman, 2017).

#### 4.2.5 Decisões / Organização

A Indústria 4.0 representa uma mudança não apenas de como as empresas operariam e os produtos seriam produzidos, mas também de como os ecossistemas específicos - fornecedores, clientes, considerações regulatórias, investidores e outros especialistas e indivíduos influentes - funcionariam e interagiriam. As tecnologias da Indústria 4.0 criam o potencial de interações entre todos os pontos de uma rede. Esses tipos de investimentos acrescentam uma dimensão estratégica, pois mudam a maneira como a organização compete ou mesmo a natureza de seus produtos (Turner e Lucas, 1985). O efeito global da Indústria 4.0 fornece melhorias na tomada de decisão, comunicação e relacionamento com as partes interessadas, qualidade do planeamento e eficácia geral da organização (Goodhue, Wixom e Watson, 2002). Assim, as partes interessadas podem trabalhar juntas de forma mais eficaz, usando um fluxo constante de dados dos sistemas conectados para aprender e adaptarem-se às novas condições, e até começar a prever em vez de reagir (Cotteleer e

Sniderman, 2017). No entanto, isto significa maior complexidade num período de transformação, com capacidades tecnológicas em rápida evolução, maior complexidade da cadeia de suprimentos e fragmentação global da produção e procura, crescentes pressões competitivas de fontes inesperadas, efeitos específicos de determinados fornecedores (software e análise de dados), realinhamentos organizacionais resultantes do casamento de tecnologias digitais e físicas e desafios contínuos de talentos (Cotteleer e Sniderman, 2017). Em resumo, investimentos tradicionalmente combinados, como os vinculados à Indústria 4.0, podem gerar os seguintes impactos:

### **Tomada de Decisão e Estratégia**

1. Melhores decisões (baseadas em dados reais contínuos) - estas decisões podem ser otimizadas e automatizadas
2. Novos modelos de negócios
3. Melhor coordenação e comunicação
4. Decisões holísticas

### **Inovação e Recursos Humanos**

1. Inovação colaborativa
2. Inovação diretamente ligada ao cliente (recolha de dados) dos produtos, interações com os clientes, etc.
3. Novos e melhores produtos e processos
4. Inovação centrada nas necessidades humanas (não tanto uma abordagem uniformizada)
5. Tarefas repetitivas (mentais e físicas) substituídas por intelectuais - mais satisfação
6. Novas habilidades e competências necessárias

### **Cliente e Mercado**

1. Maior satisfação do cliente
2. Tempo reduzido para o mercado
3. Aumento dos custos de mudança (custos mais relacionado com fornecedores)
4. Integração em tempo real
5. Comunicação em toda a cadeia de valor

### **Eficiência / Organização**

1. Otimização
2. Maior sustentabilidade
3. Mais colaboração e informação
4. Mais flexibilidade
5. Custos reduzidos
6. Monitorização preventiva e inteligente - custos reduzidos em toda a cadeia de valor



## 4.2.6. Exigências Variáveis para a Força de Trabalho

### Impactos no trabalho

A Indústria 4.0 provavelmente significa coisas diferentes para indivíduos diferentes. Como vimos para o cliente, a Indústria 4.0 poderia permitir maior personalização, menores custos, melhores soluções. Para os gestores, maior eficiência, novos modelos de negócios, novas maneiras de criar valor, mas representa uma mudança no trabalho que é esperado deles e como devem fazê-lo (Cotteleer e Sniderman, 2017).

Automação e fábricas inteligentes, sistemas omnipresentes e conectados, análise de dados e IA, serviços baseados em *software*, cadeias de valor integradas afetam fortemente os trabalhadores, que competências eles podem precisar de ter, a natureza das tarefas e funções. Embora várias dessas tecnologias economizem trabalho, a verdade é que, por enquanto, não significa necessariamente a perda de empregos: no Reino Unido, por exemplo, a tecnologia ajudou a criar 3,5 milhões de novos empregos entre 2001 e 2015, mesmo contribuindo para a perda de 800.000 (Cutler e Lewis, 2016; Mariani et al., 2017; Schwartz et al., 2017).

### Interação Homem-Máquina

Tecnologias físicas e digitais inteligentes podem ser usadas como ferramentas para melhorar o trabalho dos trabalhadores e facilitar as suas tarefas. As tecnologias autónomas podem trabalhar ao lado das pessoas - cada uma delas aproveitando as suas forças inerentes para alcançar um resultado maior do que qualquer uma delas poderia conseguir sozinha. Tarefas repetitivas e mundanas deixam de ser uma preocupação humana, libertando os trabalhadores para executar tarefas complexas, variáveis e muitas vezes imprevisíveis que exigem capacidade de avaliar e entender dados, mas também de exercitar criatividade. Humanos e máquinas trabalharão cooperativamente. Sistemas ciberfísicos, máquinas e *software* são uma ferramenta e desempenham um papel de apoio, enquanto mão-de-obra qualificada manterá o papel determinante (Buhr, 2015). É provável que as tarefas se tornem parcialmente virtuais e reorganizadas em processos em tempo real que foram previamente alterados manual e cronicamente (Geisberger & Broy, 2012; Ludwig et al., 2018).

No entanto, processos de produção complexos precisam de ser analisados atempadamente e fornecidos in situ para os funcionários, criando assim o desafio de um projeto mais orientado ao trabalhador de novos sistemas de interação trabalhador / máquina (Ludwig et al., 2018). O problema é equilibrar sistemas autónomos que são controlados externamente (pela IA) com a necessidade de dar aos funcionários um certo controlo num contexto específico e, assim, ajustar e restaurar um processo de trabalho regulamentado. Assim, o desenvolvimento de conceitos para o suporte de competências dos funcionários também é fundamental e, portanto, são necessárias novas interfaces com o utilizador e ferramentas de suporte do ponto de vista tecnológico, para permitir que os utilizadores acompanhem o desenvolvimento, compreendam as máquinas de maneira independente e os usem de forma eficaz e eficiente para o seu próprio trabalho (Ludwig et al., 2018).



A transformação da Indústria 4.0 produzirá melhores resultados se a relação homem-máquina for projetada de forma positiva. Isto significa um foco centrado no ser humano, em vez de centrado na tecnologia e procura de soluções amigáveis para os trabalhadores da produção (Schröder et al., 2017). Para que esse processo funcione, é necessário o envolvimento ativo dos trabalhadores qualificados afetados nas PMEs no desenvolvimento e implementação de tecnologias em rede. O objetivo é criar interfaces robustas que também sejam intuitivas e forneçam informações personalizadas para lidar com os problemas que surgirem, dando suporte efetivo aos funcionários (Schröder et al., 2017).

### **Stress**

Ludwig *et al.* (2018) referem que a I4.0, ao fornecer soluções de *software* que ajudem a monitorizar fábricas, cadeias de valor, produtos em tempo real, sempre / em qualquer lugar, pode piorar o equilíbrio entre vida pessoal e profissional (uma vez o trabalho e software podem ser usados remotamente). As atividades cruciais em termos de tempo nos ambientes de trabalho são desafiadas pelo crescente fornecimento de informações em tempo real e pelos requisitos geralmente complexos em relação ao processamento de informações (multitarefa, interrupções frequentes de trabalho e mudanças na procura etc.), afetando negativamente os trabalhadores (Ludwig et al., 2018).

A transformação digital da sociedade e da economia acarretam uma nova sensibilidade para lidar com funcionários e procura. Também requerem novas diretrizes para horários de trabalho - por exemplo, por meio de acordos operacionais. As restrições podem ser definidas por meio de condições avançadas para os limites da vida profissional. Os funcionários podem evitar o stresse inadequado - mesmo em contextos de trabalho que são quase sempre automáticos e auto-organizados (Ludwig et al., 2018).

### **Desemprego**

O aumento da automação pode implicar que o valor do trabalho humano diminua e que a tecnologia assuma as tarefas de monitoramento e controle (Buhr, 2015; Schröder et al., 2017). Embora indícios sugiram que a produção puramente orientada para a tecnologia, na qual os seres humanos desempenham um papel secundário no processo de produção, ainda não é muito provável (Schröder et al., 2017).

### **Hierarquias**

Hierarquias na produção mudarão, embora ainda não esteja claro até que ponto (Schröder et al., 2017). A produção em rede é acompanhada por um planeamento mais descentralizado. Decisões, administração e controlo podem ser delegados para níveis mais baixos e, assim, as atividades prévios dos trabalhadores da produção podem ser melhoradas. Além disso, devido ao aumento dos dados em tempo real, muitos empregos indiretos serão criados em torno da produção (Schröder et al., 2017).

Ao mesmo tempo, como discutido anteriormente, atividades manuais simples (ou tarefas intelectuais repetitivas) serão automatizadas e deixarão de ser realizadas por seres humanos, libertando assim os trabalhadores para tarefas mais criativas e capacitando-os (Schröder et al., 2017).

### **Competências e Formação**

Novas tecnologias e a maneira como são incorporadas nas funções e processos de trabalho diários podem levar a novas necessidades de formação. Os indivíduos precisarão de conduzir as suas interações e trabalho em conjunto com as tecnologias da Indústria 4.0 e como as suas responsabilidades e funções podem evoluir em resultado destas (Cutler e Lewis, 2016; Mariani et al., 2017; Schwartz et al., 2017).

O conhecimento de TIC será necessário em todos os níveis operacionais e de gestão, não apenas porque a Indústria 4.0 envolve a integração de TIC com máquinas. Os operadores de máquinas terão que ter o conhecimento necessário de TIC, também porque as fronteiras entre empresas serão cada vez mais difusas. A Indústria 4.0 também envolve a integração de vários sistemas de TIC ao longo da cadeia de valor. A equipa de vendas poderá iniciar os processos de produção diretamente de um *tablet* e fornecer aos clientes informação sobre a produção em tempo real na conclusão do pedido. Uma compreensão dos processos e suas consequências também é uma vantagem (Cutler e Lewis, 2016; Mariani et al., 2017; Schwartz et al., 2017).

Mas não são apenas as competências de TIC que são importantes. Por exemplo, à medida que as funções descentralizadas de planeamento e controlo são delegadas a níveis operacionais, as competências para ação e organização autónomas tornam-se cada vez mais importantes (Schröder et al., 2017), e portanto, os funcionários devem desenvolver competências para poderem introduzir melhorias constantes no processo de produção.

Da mesma forma, a aptidão para entender rapidamente procedimentos e processos fora da própria área de conhecimentos torna-se cada vez mais importante. Ao mesmo tempo, a capacidade de executar um trabalho cooperativo e interdisciplinar, de comunicar e integrar o conhecimento a nível horizontal e vertical torna-se essencial (uma vez que as redes verticais e horizontais e os estreitos vínculos informacionais entre fornecedores e clientes cada vez mais representam a diferença entre manufatura, serviços e trabalho administrativo) (Ludwig et al., 2018). O trabalho tradicional torna-se menos segmentado em tarefas específicas; tende a ser "híbrido", como as redes de empresas previstas.

Essas novas realidades criam a necessidade de focar em oportunidades relacionadas com o trabalho e a "formação no trabalho" (Jacobs e Bu-Rahmah, 2012; Ludwig et al., 2018). Isso inclui conhecimento integrado e abrangente (conhecimento de processo, competências, capacidade de entender procedimentos de trabalho desconhecidos, competências sociais e analíticas e otimização de interfaces de funções) que não estão sujeitos à atividade específica de funcionários (Ludwig et al., 2018).

No contexto da Indústria 4.0, a formação avançada e a aprendizagem ao longo da vida tornam-se cada vez mais importantes. A criação de competências e oportunidades de qualificação envolvem a análise dos requisitos de uma tarefa específica e a colocação dos funcionários em posição para abordá-los. As comunidades de prática e cooperação desempenham um papel significativo na aquisição de competências ocupacionais (Ludwig et al., 2018). Portanto, é necessário criar novos processos de desenvolvimento de competências com a tecnologia de rede e também novos processos relacionados à preservação e provisão de experiência e a sua troca entre funcionários dentro da empresa ou mesmo além (Ludwig et al., 2018).

### **Gestão de Capital Humano**

Mas o problema não é simplesmente adquirir novas competências ou planejar novas e melhores carreiras. As organizações também precisam de se concentrar na liderança, estruturas, diversidade, tecnologia e na experiência geral dos funcionários de maneiras novas e empolgantes (Cutler e Lewis, 2016; Mariani et al., 2017; Schwartz et al., 2017).

Ao mesmo tempo, os gestores têm de deixar de pensar nas suas forças de trabalho, nos seus balanços financeiros, apenas como os funcionários, mas devem incluir freelancers, trabalhadores temporários e multidões (já que as fronteiras ficam difusas). Estes trabalhadores dentro e fora dos balanços financeiros estão a melhorar com máquinas e software (por exemplo, motoristas do Uber que usam a sua plataforma) (Cutler e Lewis, 2016; Mariani et al., 2017; Schwartz et al., 2017). Isto requer a adoção de uma abordagem de gestão de capital humano, partindo das práticas lineares de RH mais tradicionais (da formação e desenvolvimento à gestão da cultura) para abordagens mais holísticas (Cutler e Lewis, 2016; Mariani et al., 2017; Schwartz et al., 2017).

Resumindo, de novas competências a novas formas de organização do trabalho e novas formas de aprendizagem, podemos identificar mudanças radicais na força de trabalho.

## 5. Inovação e Novos Modelos de Negócio

Vítor Hugo Ferreira, Politécnico de Leiria

### 5.1 Definição do Modelo de Negócio

Um modelo é sempre uma simplificação da realidade complexa (Stähler, 2002). Segundo Osterwalder e Pigneur (2010), um modelo de negócios é basicamente uma ferramenta que ajuda empreendedores a capturar, visualizar e definir as suas ideias de negócios de uma maneira que reflita os principais valores do produto ou serviço entregue ao cliente e sustentado pela empresa.

Um **modelo de negócios** descreve a forma como uma organização cria, captura e oferece valor. (Osterwalder e Pigneur, 2010, p. 14) (Osterwalder and Pigneur, 2010)

O planeamento minimizará gastos e consumo de tempo, enquanto o mais importante ajudará a transformar metas em atividades e tarefas operacionais (Delmar e Shane, 2003; Schwarzkopf, 2016).

Meira (2013) define um modelo de negócios como a interconexão de processos e métodos, que criam o próprio negócio. O produto ou serviço colocado no mercado deve resolver um problema do cliente em que uma empresa se está a focar (Schwarzkopf, 2016). Além disso, um modelo de negócios não deve ser confundido com um plano de negócios.

Segundo Meira (2013), a criação de valor é uma questão essencial que cada empreendedor deve visar ao pensar na solução para um problema (Schwarzkopf, 2016). Muitos empresários, mas também grandes empresas, têm dificuldades em definir o seu modelo de negócios. Hoje, uma ampla gama de ferramentas, modelos e conceitos ajuda os empreendedores a descrever os seus negócios e o valor agregado e capturado que a empresa, produto ou serviço acrescenta (Schwarzkopf, 2016).

As definições do termo "modelo de negócios" variam, mas a maioria delas contém "criação de valor" que é valor para o cliente; "Captura de valor", os processos internos necessários para a criação e captura de valor serem bem-sucedidos (Gudiksen, Poulsen e Buur, 2014).

O objetivo de um modelo de negócios é identificar como a empresa apresentará uma proposta de valor aos seus clientes, capturando assim valor para si mesma (Johnson, 2010), ou seja, identifica a maneira como uma organização cria, entrega e obtém valor (Osterwalder et al., 2010). Da mesma forma, Linder et al. (2000) definem modelo de negócios como a lógica de uma organização na criação de valor. "O modelo de negócios elucidado quando uma empresa interage com entidades externas interessadas, com as quais realiza trocas económicas, a fim de criar valor para todas as partes envolvidas" (Zott et al., 2007). Desta forma, pode ser usado como uma ferramenta poderosa para a análise, implementação e comunicação de escolhas estratégicas (Shafer et al., 2005). Quando "um novo modelo muda a economia de uma indústria e é difícil de replicar, pode por si só criar uma forte vantagem competitiva" (Magretta, 2002). O modelo de negócios pode, portanto, ser usado como

uma ferramenta que facilita a análise, teste e validação de escolhas estratégicas da empresa, mas não deve ser confundido apenas com uma estratégia (Shafer et al., 2005).

Para Johnson et al. (2008) modelo de negócio é definido como a interconexão de quatro elementos que juntos criam e distribuem valor, sendo: proposição de valor, fórmula de lucro, recursos e processos chave.

Chesbrough (2010) e Chesbrough et al. (2002) apresentam uma visão detalhada de um modelo de negócios como veículo para o marketing de novas ideias e tecnologias, cumprindo as seguintes funções: articular a proposta de valor, identificar um segmento de mercado e especificar o mecanismo de criação de receita, definindo o valor da estrutura da cadeia necessária para distribuir a proposição de valor e os ativos complementares necessários para apoiar a posição na cadeia de valor, detalhar o mecanismo de criação de receita pelo qual a empresa será paga pelo sua oferta, estimar a estrutura de custos e o potencial de lucro, dada a proposição de valor e a estrutura da cadeia de valor, descrever a posição da empresa na cadeia de valor interconectando fornecedores e clientes, formular a estratégia competitiva pela qual a empresa inovadora vencerá e manterá vantagem sobre os rivais. Em conclusão, um modelo de negócios descreve como as peças de um negócio se encaixam. Explica como o valor é criado e entregue ao cliente, a que custo e como a empresa gera receita ao fazê-lo (Sniukas, 2012, p. 8).

## 5.2 Inovação do Modelo de Negócio

Ao mesmo tempo, os modelos de negócios podem ser um veículo de inovação. Empresas disruptivas como a Uber e Airbnb ou Lime não criaram tecnologias inovadoras significativas, mas o que fizeram foi inovar em termos de modelos de negócios. A inovação do modelo de negócios representa um fluxo de investigação na literatura do modelo de negócios que reconhece o MN como uma fonte potencial de inovação ao lado de inovação em produtos, serviços, processos e organizações (Weking et al., 2018; Foss e Saebi, 2017; Zott et al., 2011). As inovações nos modelos de negócios “são mudanças inovadoras e não triviais nos elementos-chave do modelo de negócios de uma empresa e / ou na arquitetura que liga esses elementos” (Foss e Saebi, 2017).

## 5.3 Evolução do Modelo de Negócio na Indústria 4.0

A maneira como as empresas criam valor e diferentes partes do modelo interagem está mudando fundamentalmente no setor 4.0. Fuller e Haefliger (2013) postulam que os modelos de negócios estão fundamentalmente conectados à inovação tecnológica, embora o conceito seja essencialmente separável da tecnologia. Fuller e Haefliger (2013) afirmam também que os modelos de negócios mediam o vínculo entre tecnologia e desempenho da empresa, e também que a

tecnologia certa é uma questão de decisão do modelo de negócios em relação à abertura e envolvimento do utilizador. Assim, dentro dos conceitos da Indústria 4.0, surgem novos modelos de negócios, provenientes de diferentes tecnologias.

É claro que a tecnologia está a transformar negócios em todos os setores. A nuvem e os dispositivos conectados estão-se a tornar mais omnipresentes, e as empresas estão a começar a usar informação para obter uma compreensão completa sobre os seus clientes em tempo real. Portanto, não é surpresa que, de acordo com o recente relatório Digital Workplace da Dimension Data, 25% das organizações estejam a investir em novas ferramentas digitais, como análise de local de trabalho, realidade aumentada e micro-formação (Dimension Data, 2018). Soluções cognitivas, como IA e *machine learning*, também estão sendo a ser incorporadas em muitas áreas de trabalho, do escritório à fábrica. Grande parte do trabalho transacional e de rotina de uma organização será tratado por máquinas inteligentes.

Como mencionado anteriormente, SCF, IA e Big Data são partes integrais das diferentes tecnologias da Indústria 4.0. Os SCFs e a IoT integrados na fabricação permitem máquinas e processos inteligentes, produtos inteligentes, novos sistemas e fábricas inteligentes (Hermann et al., 2016; Weking et al., 2018). Estes elementos podem conectar-se e trocar informações de maneira autónoma, desencadear ações autónomas e direcionar a produção (Pereira e Romero, 2017; Ramsauer, 2013; Weking et al., 2018). Isto resulta no aparecimento de fábricas inteligentes com “sensores, atores e sistemas independentes” (Lasi et al., 2014; Weking et al., 2018). Esta fábrica inteligente pode “auxiliar pessoas e máquinas na execução de suas tarefas, mantendo-se alerta ao contexto” (Hermann et al., 2016), baseando-se em informações do mundo físico e virtual. Conceitos fundamentais adicionais da I4.0 são a integração de ponta a ponta horizontal e vertical (Weking et al., 2018). A integração horizontal combina recursos, processos e é intra e inter organizacional, em toda a cadeia de valor. Integração vertical refere-se a fontes de dados dentro de uma organização (Kagermann et al., 2013; Weking et al., 2018).

Fazer pleno uso dos SCF e de outras tecnologias inteligentes exige que as empresas implementem também tecnologias de TIC complementares (Schröder, 2017). Como a análise de dados é parte integrante dessa integração (é necessário software para analisar as grandes quantidades de dados gerados pelo SCF para controlar, regular ou monitorizar processos orientados a destinos (Schröder, 2017), é necessário desempenho de hardware e novas conexões à Internet, possibilitando modelos de negócios a jusante: um SCF incorporado permite que um fabricante de turbinas forneça aos clientes manutenção remota e, no final do ciclo de vida do produto, reciclagem como serviços adicionais (Schröder, 2017). Ao mesmo tempo, isto vai ao encontro da crescente manutenção preditiva, em que IAs antecipam as necessidades de reparo / manutenção de peças e mercadorias, otimizando tempo e custos (Oracle, 2018). Existe um número crescente de empresas startup neste campo que usam sensores de máquina para recolher dados e os indicadores preditivos diminuem o tempo de inatividade até 45%. Além disso, isto aumenta a produtividade em 25%. Estamos na época de criação de novos modelos de negócios por meio de monitorização proativa, o

que resulta em melhor atendimento ao cliente (Machine Sense, 2018). Ao mesmo tempo, surgem novas empresas para lidar com o *hardware* e o *software* necessários para tratar de grandes fluxos de dados em tempo real, utilizando tecnologias baseadas na nuvem. Estes fornecedores de serviços de computação em nuvem disponibilizam *online* a infraestrutura de TIC para os seus clientes, permitindo que outras empresas reduzam investimentos numa infraestrutura própria e aumentem a sua eficiência. O uso do SCF também ajuda as empresas a conectarem-se a redes de criação, vertical e horizontal, digitais integradas. Por meio destas plataformas virtuais na nuvem, as empresas podem aceder à produção de acordo com a necessidade, a fim de coordenar as etapas de produção em tempo real (Schröder, 2017). Isto pode permitir que as empresas “aluguem” a capacidade da máquina para empresas com limites de capacidade.

Estas tecnologias permitem que as empresas vendam dados e serviços, além de objetos físicos. Além disso, produtos inteligentes podem gerar sinais a partir das interações do cliente com ativos em campo - ou dos próprios ativos - permitindo um melhor serviço, reivindicações de garantia melhoradas, visibilidade dos padrões de uso e dados para rentabilizar (Deloitte, 2018).

## 5.4 Novos Tipos de Modelo de Negócio na Indústria 4.0

Após a discussão anterior e as ideias contidas no relatório desenvolvido pela PwC (2016), destacamos as novas “áreas” de negócios para a Indústria 4.0 na Tabela 5-1.

Novos Modelos de Negócios Digitais	Engenharia Digital	Integração Vertical	Integração da cadeia de valor horizontal	Manutenção e serviços inteligentes	Local de Trabalho Digital	Vendas e Marketing Digital
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otimização de processos digitais</li> <li>• Modelo de pagamento por uso</li> <li>• Gestão de Plataforma Global</li> <li>• Análise de Big Data e gestão de desempenho</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• I&amp;D Digital Corporativa</li> <li>• Modelos Digitais, prototipagem virtual e simulação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fábrica Inteligentes</li> <li>• Automação de Máquinas</li> <li>• MES</li> <li>• Gestão de Ativos Digitais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Centro de controlo da cadeia de valor</li> <li>• Fornecimento Digital</li> <li>• Gestão digital de transporte e logística</li> <li>• Logística</li> <li>• Sites inteligentes</li> <li>• Planeamento de procura e suprimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preventive maintenance</li> <li>• Integrated digital engineering</li> <li>• Augmented Reality Solutions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finança eletrónicas / controlos</li> <li>• RH Digitais</li> <li>• Partilha de Conhecimento Interno</li> <li>• Agilidade de Sistemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CRM Digital</li> <li>• Comércio Omni-Channel</li> <li>• Portais de Self-Service</li> <li>• Marketing Personalizado e Serviços de Vendas</li> <li>• Pagamentos Eletrónicos</li> </ul>

Ativadores:

Cíber Segurança	Infraestrutura de Rede	Agilidade do Sistema	Cultura Organizacional Digital
-----------------	------------------------	----------------------	--------------------------------

**Tabela 5-1:** Novas áreas de negócios para a Indústria 4.0

**Fonte:** adaptado de PwC (2016)



Os novos modelos de negócios digitais incluem análise ou criação de algoritmos para empresas de produção que desejam exteriorizar este tipo de serviço e outros serviços, como análise de Big Data e gestão de desempenho.

A engenharia digital inclui empresas que fornecem I&D colaborativa e / ou também modelos digitais, prototipagem e simulação virtuais (para outras empresas que não possuem essa capacidade). Além disso, isto pode incluir empresas que desenvolvem *software* de simulação e prototipagem virtual.

As empresas que ajudam a criar fábricas inteligentes (com hardware e software) e habilitam tecnologias como Sistemas de Execução de Fabricação e Automação de Máquinas (MES) são outro componente do ecossistema. No nível horizontal, encontramos serviços que permitem o centro de controlo da cadeia de valor, fornecimento digital, transporte digital e gestão de logística e ajudam a criar *sites* inteligentes. Cadeias de valor verticais e horizontais e a sua integração são melhorados ainda mais com serviços, tais como manutenção preventiva, engenharia digital integrada e Soluções de Realidade Aumentada.

PwC (2016) também identifica novas áreas de serviço, como tecnologias que permitem a gestão digital de recursos humanos e o controlo financeiro das cadeias de valor integradas acima descritas, e outros serviços que ajudam as empresas a alcançar o cliente (marketing digital).

**Manufacturing execution systems (MES)** são sistemas informatizados usados na fabricação para rastrear e documentar a transformação de matérias-primas em produtos finais. O MES fornece informações que ajudam os decisores na fabricação a entender como as condições atuais na fábrica podem ser otimizadas para melhorar a produção. O MES trabalha em tempo real para permitir o controlo de vários elementos do processo de produção. (McClellan, 1997).

Por fim, são necessárias empresas que possibilitam todo o ecossistema, como a cibersegurança (já que esse paradigma é intensivo na recolha de dados, redes de pessoas e dispositivos e cadeias de valor conectadas que são propensas a ataques cibernéticos). Infraestrutura (máquinas, sensores, etc.) e agilidade do sistema (a interconectividade de todas as peças) são fundamentais e as empresas oferecerão soluções abrangentes (empresas como a Siemens já fornecem soluções integradas para a Indústria 4.0).

E, no final, serão necessárias novas formas de organizar as pessoas e melhorar as suas competências. Como tal, haverá oportunidades de formação que podem usar novas tecnologias (como realidade aumentada), mas também formação tradicional, a fim de capacitar as pessoas a trabalhar dentro do novo paradigma e adquirir novas competências (PwC, 2016).

Ibarra et al. (2018) tentam resumir as novas possibilidades e apresentar os seguintes recursos da Indústria 4.0 e como estes afetam os modelos de negócio:



Main Features of the Industry 4.0	Main issues affecting traditional Business Model	Main requirements to face digital transformation
Interoperability	Networking and reduction of barriers	Standardization
Virtualization	Flexibility and personalization	Work organization
Decentralization of decision making	Individualized mass production	Availability of products
Real-time capability	Local production	New Business Models
Service orientation	Low price	Know-how protections
Modularity	Smart goods and services	Availability of skilled workers
	Fragmentation of the value chain	Research investment
	Globalization and decentralization of production	Professional development
	V-H integrated production systems	Legal frameworks

**Tabela 5-2:** Recursos, Desafios e requisitos relacionados à Indústria 4.0

**Fonte:** Ibarra et al. (2018, p.6)

Ibarra et al. (2018) sugerem que os recursos da Tabela 5-2 levam a três abordagens possíveis: uma abordagem orientada a serviços, uma abordagem orientada a rede e uma abordagem orientada ao utilizador.

A Indústria 4.0 encoraja as empresas a mudar a mentalidade de produto para serviço (Fleisch et al., 2014; Ibarra et al., 2016; Ibarra et al., 2018). As empresas de produção em economias desenvolvidas estão a expandir o seu papel na cadeia de valor expandindo o seu produto com serviços, para que não tenham de competir apenas no custo de produção (Ibarra et al., 2018).

Um bom exemplo desse modelo é o carro como serviço (Car as a Service – CaaS). Essencialmente uma extensão de *ride-sharing* usando veículos sem motorista, o CaaS permitirá que as pessoas convoquem um carro por meio de uma aplicação ou sejam usado para entregas (IHS Automotive, 2018). IHS (2018) estima que a implantação do CaaS sem condutor começará antes de 2025 e terá um impacto crescente à medida que a tecnologia avança e o volume de carros sem condutor cresce. Além disso, a direção autónoma e os custos associados reduzirão drasticamente o custo dos serviços de mobilidade como um todo (IHS Automotive, 2018).

O conceito "sistema de serviço do produto" (Product Service System - PSS) é uma estrutura que descreve o desenvolvimento e a oferta combinados de pacotes configuráveis de serviço de produto específicos como uma solução para o cliente. Como resultado, fornecedores, clientes e outros parceiros tornam-se parte de um ecossistema em rede em torno do SCF (Ibarra et al., 2018). Após a discussão anterior, fica claro que as empresas podem obter novos modelos de negócio, tais como vender um produto e a sua manutenção (com base na manutenção preditiva digital permitida pela recolha de dados e sua análise) ou transformar o produto num serviço claro.

As seguintes ofertas existentes ilustram o conceito PSS (Ostaeyen, 2014):

- Modelo de pagamento por cópia da Xerox para vender equipamentos de escritório

- O pacote de serviço Power-by-the-Hour da Rolls-Royce para motores de aeronaves, em que os serviços de manutenção, reparo e revisão são cobrados por hora de voo
- Serviço Contract Air da Atlas Copco, no qual os compressores de ar são vendidos por m<sup>3</sup> de ar comprimido fornecido
- O modelo de pagamento por luz da Philips para a venda de equipamentos de iluminação, em que os clientes pagam pelo nível prometido de iluminação num edifício
- Solução de gestão da frota da Michelin, em que o camião é vendido por quilómetro percorrido

Quanto à abordagem orientada à rede, Ibarra et al. (2018) afirmam que a integração horizontal e vertical das cadeias de valor e sua interconexão respetiva podem aumentar os limites tradicionais das empresas devido à rede da organização e partes interessadas. Como afirmado anteriormente, novos agentes surgem para fornecer análise de dados, integrar cadeias de valor e empresas de produção tradicionais orientadas para a venda de produtos sentem-se progressivamente obrigadas a rever os seus Modelos de Negócio existentes em resposta à nova dinâmica competitiva (Ibarra et al., 2018).

Por fim, Ibarra et al. (2018) concentram-se na abordagem orientada ao utilizador, que compreende os esforços para tornar a fabricação mais apta a responder ao *design* orientado ao utilizador alinhado com uma estratégia de criação de valor para o cliente. Através da recolha de dados, cadeias de valor integradas, tecnologias de produção digital, as empresas podem personalizar produtos para o cliente final ou responder automaticamente aos requisitos B2B. A Indústria 4.0 fornece a tecnologia e os processos que permitem criar propostas de valor para responder às exigências dos clientes, como o fornecimento de produtos personalizados e até a produção em linha de tamanho de lote (Ibarra et al., 2018). Portanto, as empresas precisam de desenvolver novas competências em ambos, aprendendo mais sobre os seus clientes (usando recursos digitais para obter informações sobre clientes, promovendo a tomada de decisões com base em evidências, desenvolvendo experiências integrais de clientes etc.) e tornando-se mais num ecossistema para além de cadeias de valor individuais (tornam-se ótimas na construção de parcerias com novas partes interessadas) (Ibarra et al., 2018).

Destas 3 perspetivas, Ibarra et al. (2018) propõem as seguintes mudanças para modelos de negócio:

Transformação Digital em Empresas de Produção	Principais Tecnologias	Criação de Valor	Entrega de Valor	Captura de Valor
1. Otimização de Processos Internos e Externos	Big Data, Computação em Nuvem, Robôs Colaborativos, Produção Aditiva, Visão Artificial ou Realidade Aumentada	Rastreio de Produtos e Recursos: produções, logística, controlo de qualidade mais eficiente, gestão de stock e melhor manutenção	Ofertas mais flexíveis: personalização, etc.	Otimização de custos devido a processos mais eficientes e uso de recursos
		Máquina a Máquina: conectar processos internos / conectar		

		processos internos a processos de fornecedores		
		Formação de funcionários: trabalhar de qualquer lugar a qualquer momento, comunicação maior e mais rápida, troca de conhecimento		
		Gestão Mais Transparente: tomada de decisão orientada por dados		
<b>2. Melhoria da Interface do Cliente</b>	Big Data, Computação em Nuvem, Realidade Aumentada ou Realidade Virtual, novas formas de interação através de pontos de contato novos ou melhorados são criadas, permitindo uma melhor e mais completa compreensão das necessidades dos clientes	Gestão de novos pontos de contacto	Segmentação baseada em análise de dados	Redução de custos
		Recolha, monitorização e interpretação de dados	Relações mais diretas, eficientes e de longo prazo	Novas fontes de receita: preços dinâmicos, pagamento por uso, pagamento <i>online</i>
		Desenvolvimento de novos serviços	Vendas Digitais Melhoradas: ampla variedade de dispositivos, coerência entre canais, experiência abrangente do cliente, canais de self-service que oferecem respostas instantâneas, economizando tempo e custos	
<b>3. Novos Ecossistemas e Redes de Valor</b>	Big Data, Computação em Nuvem, Realidade Aumentada ou Realidade Virtual. Desta forma, o processo focal de criação de valor da empresa está vinculado aos processos das partes interessadas. Mudando das cadeias de valor para os ecossistemas e, conseqüentemente, aumentando o conhecimento das partes interessadas	Infraestrutura de negócios conectada às infraestruturas de parceiros principais	Acesso a novos segmentos de clientes	Aumento potencial na captura de valor devido a reduções de custo para todas as partes interessadas
		Informações em tempo real sobre produção, inventário e vendas, disponibilidade e pessoal	Oferta mais ampla de produtos	
<b>4. Produtos e serviços inteligentes</b>	Big Data, Computação em Nuvem, "Sensorização" inteligente e Sistemas Integrados, entre outros, que permitem a oferta de bens e serviços inovadores e inteligentes (por	São necessários novos recursos físicos, humanos e intelectuais	Produtos inteligentes que recolhem constantemente informações de clientes	Novas fontes de receita: preços dinâmicos, pagamento por uso, receitas baseadas no desempenho
			Inovação em serviços associados: manutenção preditiva, atualizações de	

	exemplo, instalação remota de manutenção ou ativação de atualizações de produtos)		produtos de ativação, pedido de peças de reposição	
			Co-criação: os clientes fazem parte do processo de valor	
			Relacionamento direto entre a empresa e os clientes	

Tabela 5-3: **Transformação em Empresas de Produção - Novos Modelos de Negócio**

**Fonte:** Adaptado de Ibarra et al. (2018)

Da mesma forma, Weking et al. (2018) identificaram três super arquétipos e dez sub arquétipos dos Modelos de Negócios I4.0 usando a taxonomia que eles criaram. Os 3 "super arquétipos" são Integração, "Servitização" (Servitization) e Especialização como Serviço. A integração permite a inovação do modelo de negócios em torno de novos processos, a manutenção em novos produtos e a experiência como serviço em torno de um híbrido de produtos e processos.

**Servitization** é a inovação dos recursos e processos de uma organização para passar da venda de produtos para a venda de produtos e serviços integrados que agregam valor em uso. (Baines, et al. 2009)

A integração baseia-se principalmente em novos canais e portais online (plataformas de inovação, lojas online e manufatura digital). Cobrir mais partes da cadeia de valor substitui os intermediários e permite uma reação mais rápida às mudanças nas exigências dos clientes (Weking et al., 2018). Essa é uma mistura das ideias propostas por Ibarra et al (2018) sobre produtos e serviços inteligentes e Melhoria da Interface do Cliente.

Weking et al. (2008) propõem três "sub-arquétipos" diferentes: Inovação "crowdsourced", Produção como serviço e Personalização em massa. O primeiro está relacionado à "inovação aberta" e destaca a possibilidade de colaboração online / em rede nos processos de inovação. Como todas as plataformas estão vinculadas e as empresas podem usar tecnologias virtuais para simular e prototipar, é possível cooperar para criar novos produtos. PwC (2016) refere-se a isso como I&D em colaboração. A produção como um serviço ocorre quando a cadeia de valor muda da produção de mercadorias personalizadas e projetadas por especialistas (I3.0) para mercadorias individualizadas e projetadas pelo utilizador em massa (I4.0) (Weking et al., 2008). Empresas integram clientes e outras partes externas no design e desenvolvimento de produtos.

As cadeias de valor são integradas de forma que o cliente final (mas também um cliente B2B) possa definir as características individuais do seu produto / ou especificações de pedidos em lojas / portais *online* (Ibarra et al. 2018). O cliente final pode determinar as características individuais do seu produto em lojas *online*, e esses produtos individualizados são produzidos a preços competitivos quando comparados aos produtos em massa. Novas técnicas de fabricação digital, como impressão 3D, reduzem a intensidade do trabalho humano e permitem uma produção mais próxima do

mercado. A combinação de transferência direta de digital para físico permite tempos mais curtos para publicitar (Weking et al., 2018).

Como discutido anteriormente, Weking et al. (2018) também enfatizam o lado "servitização" da Indústria 4.0. Combinando SCF, IoT e análise de uso, a monitorização remota de produtos habilitado para TIC e os serviços de manutenção preditiva reduzem o tempo de inatividade do centro de operações do cliente e ajudam os clientes a reduzir custos. Weking et al. (2018) propõem 3 sub-arquétipos: parcerias ao longo da vida, produto como serviço e resultado como serviço.

As parcerias ao longo da vida são possíveis desde que as empresas se tornam fornecedoras de soluções, já que na I4.0, as empresas adicionam fontes de receita contínuas com contratos de serviço ao longo da vida com base em assinatura (Weking et al., 2018), oferecendo serviços como manutenção preditiva e monitorização remota. As empresas que fornecem serviços de software geram fontes de receita contínuas devido a contratos plurianuais e aumentam os custos de troca dos clientes. Além disso, a manutenção preditiva e a monitorização remota permitem que as empresas fornecedoras reduzam os seus próprios custos de serviço com agendamento mais eficiente das equipas de serviço e visitas de manutenção. A monitorização instantânea torna o aluguer mais atraente e permite modelos de receita baseados no uso (Weking et al., 2018).

Como visto anteriormente, Produto como serviço. Significa que as linhas entre produtos e serviços ficam difusas, em vez de comprar produtos, os clientes pagam pelo uso e disponibilidade do produto, o que pode levar a "resultado como serviço". Resultado como serviço significa que as empresas vendem a produção ou o resultado do produto, o que também permite fontes contínuas de receita. Como visto acima (Ostaeyen, 2014), fornece vários exemplos de empresas como a Xerox (modelo de pagamento por cópia) ou o serviço Contract Air da Atlas Copco (m<sup>3</sup> de ar comprimido fornecido) e discutimos os modelos de Carro como Serviço acima.

Finalmente, Weking et al. (2018), propõem uma última categoria de arquétipos de negócios, centrada em "Especialização como serviço". Algumas empresas usarão as TIC de forma vantajosa para oferecer novos bens e serviços complementares. Estes novos produtos podem surgir de plataformas de negociação digital, plataformas de mercado bilateral para aplicações de negócios ou plataformas de IoT. Além disso, estes fornecedores avançados usarão a sua especialização em produtos e processos digitais para consultar clientes.

Os sub-arquétipos elaborados por Weking et al. (2018) são: consultoria relacionada a produtos, consultoria relacionada a processos, plataformas de corretor (broker) e plataformas IoT. O primeiro está relacionado à capacidade das empresas de vender conselhos sobre como otimizar os seus próprios produtos (Tukker 2004). A consultoria relacionada a processos refere-se à capacidade das empresas de complementar as soluções que oferecem, ajudando os seus clientes a fazer a transição para o paradigma digital. As plataformas de corretor referem-se à capacidade das empresas que vendem máquinas de fornecerem também plataformas que ajudam os seus clientes com problemas diferentes (uma empresa que vende máquinas também pode vender serviços baseados

na nuvem para otimizar a gestão da fábrica, ativos digitais etc.) (PwC, 2016; Weking et al., 2018). Finalmente, as plataformas de IoT estão centralizadas em análises, especialmente vinculadas à grande análise de dados e gestão de desempenho (PwC, 2016). Produtos, produção e cadeias de valor tornam-se fontes de dados e empresas de produção, empresas especializadas e outros agentes utilizam plataformas e novas formas de análise como novos elementos-chave (Weking et al., 2018).

Estas novas tecnologias digitais permitem modelos de receita contínuos e baseados no uso como parte do componente de captura de valor. Novas possibilidades de rentabilização surgem deste tipo de integração, e serviços e produção confundem-se. As empresas podem abordar novos segmentos de clientes *online* e diretamente (B2B o nosso B2C), respondendo mais rapidamente à alteração e personalização de produtos ou serviços logísticos.

As tecnologias digitais podem transformar a cadeia de valor em produção descentralizada, individualizada e mediante pedido (Weking et al., 2018). Eles apoiam a integração vertical e horizontal de ponta a ponta da cadeia de valor.

## 6. Impacto em PMEs

*Admira Boshnyaku, European Center for Quality Ltd.*

*Denitsa Seykova, European Center for Quality Ltd.*

*“À medida que todas estas tendências acontecem, os vencedores serão aqueles que conseguirem participar plenamente em ecossistemas impulsionados pela inovação, fornecendo novas ideias, modelos de negócios, produtos e serviços, em vez daqueles que puderem oferecer apenas mão-de-obra pouco qualificada ou capital comum.”*

Prof. Klaus Schwab, um engenheiro e economista alemão, mais conhecido por ser o fundador e líder Fórum Económico Mundial e autor de *The Fourth Industrial Revolution*

O uso de tecnologias digitais e da Internet é agora obrigatório para qualquer pequena e média empresa (PME). Isto é bem conhecido pela gerência de indústrias de produção em pequena escala, mas estas geralmente carecem de tempo, conhecimento e ferramentas para desenvolver e implementar a transformação digital nas suas empresas. De acordo com o estudo “Digital skills in the workplace” (Curtarelli et al., 2017), para os locais de trabalho das PME, é difícil alocar tempo e recursos (formação, recursos financeiros, etc.) para adquirir altas habilidades digitais. Discrepâncias significativas são identificadas em diferentes setores económicos, pois algumas têm alta velocidade de imersão nas tecnologias digitais e outras utilizam-nas a um ritmo muito mais lento. Além disso, o uso das TIC está ligado ao aumento da produtividade. No artigo, recomenda-se incluir a promoção do acesso à formação para abordar lacunas nas habilidades digitais, considerar a diversidade, abandonar a atitude "tamanho único" e criar uma parceria com várias partes interessadas para aumentar a disponibilidade das competências digitais. De acordo com o Barómetro da UE para Artesanato e PME, de SMEUnited (2019), o Índice de Clima de Negócios caiu desde 2017, mostrando uma crescente incerteza no futuro das PME e no artesanato e também indicando uma incompatibilidade de habilidades nos mercados de trabalho europeus. A fim de promover e apoiar o crescimento e a criação de emprego das PMEs, as PMEs devem ser incentivadas a avançar efetivamente em direção à digitalização, dentro do conceito da Indústria 4.0. Assim, através da implementação do projeto CHAIN, será fornecida uma base para a criação de novas competências para as PMEs, criando um impacto altamente positivo nas PMEs em toda a Europa, conectando empresas e países.



## 6.1 Benefícios da adoção da Indústria 4.0

Atualmente, as PME estão cada vez mais inclinadas a integrar e aplicar os conceitos da Indústria 4.0 nas suas operações de negócios nos níveis macro e micro. Espera-se que a influência da Indústria 4.0 nas empresas e na indústria permita a emergência de novos modelos de negócios que afetem e remodelam todo o ciclo de vida dos produtos, desde a preparação até ao marketing, levando à melhoria dos processos de negócios e, finalmente, aumentando a competitividade das empresas (Pereira e Romero, 2017). A conclusão de que o sucesso das PMEs está relacionado com a adoção de novas tecnologias industriais da Indústria 4.0 é traçada por várias empresas em todo o mundo. De acordo com Müller et al. (2018), o processo de implementação de novas tecnologias está a ser executado em todas as indústrias, a fim de reduzir custos, aumentar a produtividade e fornecer aos clientes soluções à medida das suas especificidades. Como o termo “Indústria 4.0” provém de uma estratégia de alta tecnologia introduzida pelo governo alemão, o impacto nas PMEs será analisado considerando vários estudos e relatórios baseados em dados obtidos por empresas alemãs.

Após um estudo realizado pelo Boston Consulting Group (Lorenz et al., 2016) com mais de 600 empresas alemãs e norte-americanas, cerca de 19% das empresas alemãs aplicaram totalmente a Indústria 4.0, o que significa que implementaram medidas de fábrica inteligentes ou primeiras medidas em direção a um conceito (como a introdução de robôs autónomos), em comparação com 16% das empresas americanas. Outros dados fornecidos mostram que os fabricantes alemães podem ser considerados muito ambiciosos, dado que 60% deles planeiam aplicar ou aplicaram tecnologias avançadas (nos próximos um ou dois anos), como logísticas de fábrica digitais ou manutenção preditiva, em comparação com aproximadamente 40% dos fabricantes nos EUA. As empresas alemãs parecem também estar mais à frente em termos de preparação para a Indústria 4.0 em comparação com os seus colegas nos EUA, já que quase metade (47%) das empresas alemãs desenvolveram os seus primeiros conceitos completos da Indústria 4.0, e apenas 18% dos entrevistados alemães disseram que a sua empresa ainda não está preparada para introduzir as tecnologias da Indústria 4.0. Em comparação, apenas 29% das empresas americanas desenvolveram os primeiros conceitos e 41% afirmaram que a sua empresa ainda não está preparada.

As pequenas diferenças no estado de avanço da Indústria 4.0 em empresas alemãs e norte-americanas não se refletem nas opiniões dos entrevistados sobre os importantes benefícios da sua adoção. Por exemplo, três quartos dos entrevistados alemães e dois terços dos norte-americanos associam a Indústria 4.0 ao **aumento da produtividade e**



Fonte: Imagem por pixabay.com



**redução de custos.** Uma quantidade quase igual de entrevistados nos dois países (48% na Alemanha e 43% nos EUA) também a correlacionam ao **crescimento da receita**. Porém, é importante ressaltar que os benefícios da Indústria 4.0 dependem do quão as empresas são bem-sucedidas a formar e gerir pessoal recém-qualificado.

Schröder (2016) no relatório “The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium-sized Enterprises”, publicado por Friedrich-Ebert-Stiftung, foca-se nos principais desafios das pequenas e médias empresas (Mittelstand) na Alemanha em relação à implementação da Indústria 4.0. Este observou uma forte conexão entre o tamanho da empresa e a implementação da Indústria 4.0, pois as grandes empresas estão substancialmente mais avançadas na integração das suas plantas de produção em sistemas de TI de nível superior do que as empresas de tamanho médio. Como não existe um modelo universal para aplicar a Indústria 4.0 nas PMEs, a percepção dos desafios e oportunidades colocados pela Indústria 4.0 depende das diferentes características das empresas (Müller et al., 2018).

O impacto geral e o potencial decorrente da adoção da Indústria 4.0 nas empresas podem ser descritos em vários aspetos:

- **O potencial económico da Indústria 4.0** – A avaliação dos efeitos económicos é bastante difícil e pode variar. Uma coisa que pode ser considerada uma grande oportunidade é a redução de custos, conforme mencionado acima, levando à economia de recursos financeiros. Como atualmente, muitas das ferramentas e *softwares* de negócios estão disponíveis na computação em nuvem (*cloud computing*), as PMEs não precisam de despender gastos altos pela digitalização dos seus negócios (King, A., 2018). Mesmo que uma PME aplique parcialmente tecnologias de baixo custo da Indústria 4.0, esta ainda beneficiará economicamente com a automação de algumas tarefas, por exemplo, através de uma aplicação inteligente simples. Este *software* de automação bastante simples também terá um impacto positivo nas taxas de produtividade da empresa. Outros investigadores, como Schröder (2016), argumentam que, como a Indústria 4.0 combina tecnologias diferentes e diversas, somente quando aplicados em conjunto, será o seu potencial nas PMEs realizado. Como estas tecnologias estão em estados de progresso diferentes ao serem implementadas nas PMEs, não é claro quando e em que medida os efeitos positivos serão sentidos.
- **Quanto mais inteligente o processo de produção, melhor a qualidade do produto** – as tecnologias inteligentes estão agora em uso em todos os setores, especialmente nos processos de fabricação nas PMEs, o que leva à criação de produtos inteligentes. Ao incorporar tecnologias inteligentes no processo de produção, as PMEs são capazes de monitorizá-lo, segui-lo e controlá-lo de forma autónoma (Maresova, P. et al, 2018). Os produtos inteligentes também trazem informação importante sobre o seu processo de produção, bem como sobre seu objetivo e aplicação. Estes produtos inteligentes estão equipados com sensores, componentes e processadores que visam obter informações e

orientações sobre os clientes e enviar esses dados ao sistema de fabricação (Abramovici e Stark, 2013). Desta forma, a qualidade dos produtos é significativamente melhorada, bem como a eficiência do processo de produção em termos de tempo e custos. Os especialistas ainda prevêm que em breve um produto personalizado será fabricado pelo mesmo preço que um produto em série é desenvolvido hoje, o que contribuirá para alcançar a satisfação ideal do cliente e atrair mais clientes. Estes benefícios podem transformar o modelo de trabalho das PME num modelo inteligente e ajudá-las a crescer (Schröder, 2016).

Uma previsão da potencial redução de custos para diferentes áreas de produção é mostrada abaixo:

#### Avaliação de Potenciais Benefícios

Tipo de Custo	Valor Total
<b>Custos de inventário</b>	- 30 % to – 40 %
<b>Custos de produção</b>	- 10 % to – 20 %
<b>Custos logísticos</b>	- 10 % to – 20 %
<b>Custos de complexidade</b>	- 60 % to – 70 %
<b>Custos de qualidade</b>	- 10 % to – 20 %
<b>Custos de manutenção</b>	- 20 % to – 30 %

*Fonte: Apresentação condensada por Schröder (2016) depois de Bauernhansl (2014: 31)*

- **Nova forma de comunicação** – Como mencionado no Capítulo 5, novos modelos de negócios e redes de criação de valor são um dos resultados diretos da transformação nas empresas de produção como resultado da implementação da Indústria 4.0. O impacto dessas mudanças permitirá uma nova maneira de comunicação ao longo das cadeias de suprimento (Maresova, P. et al, 2018). Prevê-se que a cadeia de fornecedores, empresas, fábricas, agentes de logística e clientes sejam conectados numa nova rede de comunicação operada em tempo real. Através deste tipo de rede, todas as partes conseguirão alcançar o lucro máximo usando recursos partilhados limitados (Maresova, P. et al, 2018). A nova forma de comunicação tem um efeito significativo nos modelos de negócios das PMEs. Sugere-se que os gestores estejam interessados no desenvolvimento de inovações orientadas para o cliente em vez de orientadas para o produto, ao falar sobre inovações no modelo de negócios (Müller et al., 2018). Também se pode afirmar que o fornecimento e as cadeias de suporte técnico serão digitalizados à luz das novas e complexas formas de comunicação, do processo de condução das operações e da fabricação e distribuição de produtos e serviços.

Uma importante oportunidade introduzida pela Indústria 4.0 e com grande impacto nas PMEs é o conceito de “gémeo digital”. É definido como ilustração e modelo virtual de um determinado ativo (tangível e intangível). O gémeo digital é descrito através da estrutura e comportamento dos elementos conectados ou “coisas” que geram dados em tempo real. Os dados são analisados, combinados com outros dados conectados ao ambiente de trabalho e apresentados às PMEs ou ao utilizador na forma de “gémeo digital”, com o intuito de entender o passado, necessidades, histórico deste e interagir com o gémeo para completar determinadas tarefas. O gémeo digital oferece às empresas e utilizadores a possibilidade de explorar e encontrar as melhores soluções para os problemas de maneira rápida e pragmática. Um bom exemplo do uso de tal solução na prática é o Laboratório para cooperação na Indústria 4.0 do Instituto de Gestão de Informação em Engenharia (Institute for Information Management in Engineering) e o Instituto de Tecnologia Karlsruhe (KIT). Lá, um gémeo digital de uma máquina para retificação é usado para otimizar o processo e trabalhar numa rede de realidade virtual. Junto com estas atividades, o fluxo de recursos também é levado em consideração, a fim de mostrar as vantagens práticas da solução sugerida, permitindo aumentar a produtividade em mais de 20%. De acordo com a associação alemã de tecnologias da informação, telecomunicações e novos *media* (BITKOM), os gémeos digitais nas indústrias de produção terão potencial económico combinado de mais de 78 bilhões de euros até 2025 (baseado em Popova, M. et al., 2018).

**O gémeo digital (digital twin)** é um conjunto de constructos de informação virtuais que descrevem completamente um produto físico potencial ou real fabricado, do nível micro atómico ao nível macro geométrico. (Grieves, 2016)

Os benefícios potenciais da Indústria 4.0 aumentam a cada minuto e com cada parceiro de rede. Como as grandes empresas são pioneiras na implementação da Indústria 4.0 em todo o seu potencial, as PMEs são as que seguem e adaptam a sua tecnologia de produção gradualmente, a fim de conectar a sua própria produção numa rede.

## 6.2 Obstáculos antes da adoção da Indústria 4.0 por PME

É mais difícil para as PME adotar a Indústria 4.0 do que para as grandes empresas, uma vez que a maioria delas não possui uma produção totalmente automatizada; portanto, a proporção de atividades manuais e híbridas é maior. São aconselhadas a recorrer à produção em rede para não perder a sua vantagem competitiva nos mercados internacionais. Um dos maiores desafios que as PME enfrentam ou enfrentarão é a **elaboração de uma estratégia relevante, uma análise de custo-benefício** das tecnologias da Indústria 4.0 lhes seja útil e a falta de padrões uniformes de segurança de dados e (Schröder et al., 2016). O estudo do Boston Consulting Group (Lorenz et al, 2016) citado acima

**A análise de custo-benefício** é uma abordagem sistemática para estimar os pontos fortes e fracos das alternativas usadas para determinar as opções que fornecem a melhor abordagem para obter benefícios e preservar as economias (por exemplo, em transações, atividades e requisitos funcionais de negócios). (David, Rodreck, 2013)

observa também que **a falta de segurança de dados** é um dos principais desafios das empresas. A mesma fonte aponta **a falta de funcionários qualificados** como o principal desafio seguido pelos **requisitos de investimento**. De acordo com Türkes et al. (2019), a falta de conhecimento também representa um limite para o desenvolvimento da Indústria 4.0, o que significa que há uma falta de cultura na empresa, nenhuma formação interna é realizada sobre a aquisição de habilidades digitais e nenhum especialista capaz de impulsionar a implementação de novas tecnologias. Uma conclusão significativa resumida pelo Boston Consulting Group (2016), é que pequenas e grandes empresas nos EUA e na Alemanha precisam de um **planeamento cuidadoso para abordar a sua principal preocupação de cobrir os custos de investimento necessários**.

Uma análise mais aprofundada dos obstáculos para a implementação tecnológica da Indústria 4.0 é fornecida abaixo:

- **Falta de estratégia digital** – Uma estratégia digital que é adaptada às realidades e desafios digitais e empresariais é descrita como uma das oportunidades de desenvolvimento que a Indústria 4.0 apresenta (Popova, M et al., 2018), mas a falta dela é considerado um limite para o crescimento das PMEs à luz da Indústria 4.0. A gerência sênior das PMEs de produção é apresentada como mais cautelosa em relação à Indústria 4.0 e, mais concretamente, à criação de uma rede de produção em comparação com os gestores de nível médio (Pierre Audoin Consultants, 2015). Esse cuidado pode ser problemático, pois a aplicação e a integração da Indústria 4.0 nas PMEs precisam ser cuidadosamente planejadas e o desenvolvimento de uma estratégia digital abrangente deve ser iniciado num estágio inicial da implementação. Dentro da estratégia, a reestruturação de todos os processos da empresa, dos papéis e das qualificações dos funcionários devem ser levados em consideração, principalmente no que diz respeito ao desenvolvimento de novos modelos de negócios e à abertura de novos mercados. (Schröder, 2016)
- **Falta de padrões uniformes e legislação** – Outro obstáculo para as PMEs em relação à adoção da Indústria 4.0 é a ausência de padrões e normas uniformes em termos de integração de sistemas de TI e outros dados e máquinas na empresa. Segundo Schröder (2016), um padrão internacional ainda não foi implementado e nenhuma informação atualizada foi encontrada para satisfazer esta necessidade. Isso permite a ocorrência de erros e incompatibilidades no processo de integração, juntamente com a crescente inquietação sobre o acesso não autorizado a determinados dados. Além dos padrões, medidas de trabalho e legislação adequadas relativas à Indústria 4.0, como o desenvolvimento de



**Fonte:** Imagem de pexels.com

segurança cibernética, inteligência artificial, etc., não existem em países em desenvolvimento. (Türkes, et al., 2019). Isso leva a atrasos significativos no progresso da Indústria 4.0 em alguns países e cria uma Europa e um mundo que funcionam a velocidades diferentes.

- **Falta de segurança de dados** – Este obstáculo está correlacionado com a falta de padrões e legislação uniformes. Se uma PME deseja criar uma rede digital que funcione, é necessário que todas as partes tenham confiança mútua nos dados que compartilham. Os dados em questão variam de informações sobre os méritos da produção das PMEs a novas ideias sobre a criação de produtos inovadores. A fuga de documentos importantes pode afetar negativamente a reputação das empresas (Türkes et al., 2019) e levar à perda de lucros e clientes. As PMEs percebem que o uso de tecnologia Indústria 4.0, como serviços de nuvem (*cloud services*), não protege dados confidenciais da empresa e permite que terceiros cedam a esses dados. As questões de segurança são intensificadas pelo fato de as PMEs não terem certeza da localização geográfica dos dados armazenados e a qual jurisdição estes estão sujeitos (Schröder, 2016). Em 2017, computadores em 74 países sofreram ataques de “ransomware” por hackers que afetaram o sistema de telecomunicações em Portugal, o sistema de TI na Espanha e o sistema nacional de saúde no Reino Unido (Türkes, M. et al., 2019).

Smith et al. (2016) num estudo da “Indústria 4.0” solicitado pelo Departamento de Política A: Política Económica e Científica da Comissão da Indústria, Investigação e Energia do Parlamento Europeu (Committee on Industry, Research and Energy), identificaram que as principais dificuldades ou obstáculos encontrados pelas PMEs em relação à participação na cadeia de suprimentos da Indústria 4.0 são:

**Ransomware** é um tipo de *malware* de virologia criptográfica que ameaça publicar os dados da vítima ou bloquear perpetuamente o acesso a estes, a menos que um resgate seja pago. (Young, A. et al., 1996)

- **Falta de conhecimento** sobre soluções de alta tecnologia e as vantagens potenciais de implementá-las nos processos de produção;
- **Falta de recursos financeiros** para comprar a tecnologia necessária e/ou investir em atividades de I&D para criar a tecnologia necessária quando ela não estiver prontamente disponível. Tudo isto requer um acesso fácil ao financiamento, o que é um obstáculo para muitas PMEs.
- **Falta ou insuficiente capacidade para testar soluções baseadas na Indústria 4.0**, incluindo acesso limitado a instalações para testar as soluções e tecnologias avançadas;
- **Quantidade insuficiente de especialistas qualificados no campo das TIC** para implementar e usar soluções avançadas da Indústria 4.0. As PMEs geralmente não conseguem atrair uma força de trabalho altamente qualificada devido à concorrência de grandes empresas. Ademais também não tendem a investir frequentemente em formação ou requalificação do seu próprio pessoal.

- ***Elevadas barreiras de entrada para a aquisição e uso de tecnologias avançadas.*** Devido ao acesso facilitado a financiamento que as grandes empresas possuem, elas são consideradas as que testam e patenteiam soluções tecnológicas avançadas, o que torna mais difícil e mais caro para os seguidores, principalmente as PMEs, utilizá-las. Além disso, o desenvolvimento da legislação reguladora da Indústria 4.0, se desenvolvida seguindo alguns exemplos dos EUA e da Ásia, pode favorecer os "campeões industriais", trazendo benefícios para as grandes empresas que aumentam as barreiras de entrada para as PMEs e recém-chegados. Por isso, baixar as barreiras de entrada é uma das soluções para superar este obstáculo.

Além disso, um dos efeitos da Indústria 4.0 será um maior grau de internacionalização da produção, que será mais fácil de alcançar para as grandes empresas que já implementaram soluções baseadas na Indústria 4.0 e seria mais difícil para as PMEs que, por sua vez, podem tornar-se mais dependentes das grandes corporações como os seus principais clientes.

Seguindo o mesmo estudo, estes desafios precisam de ser abordados com a adoção de uma abordagem multifacetada, incluindo as seguintes medidas:

- Localizando um lugar nas cadeias de suprimento existentes ao lado dos líderes da Indústria 4.0 e beneficiando do conhecimento e experiência destes.
- Visar nichos em desenvolvimento num sistema de produção mais disperso e comercializá-los em mais localizações internacionalmente.
- Implementar soluções avançadas que facilitem a produção de uma forma mais descentralizada, como a impressão 3D.
- Melhorar o processamento de dados em relação ao planeamento de recursos e gestão da relação com o cliente.

É possível que a transição para a Indústria 4.0 seja viabilizada pelo setor público a nível nacional e da UE, reduzindo as barreiras de entrada para as PMEs no mercado da Indústria 4.0 e nas cadeias de suprimento e também aumentando os investimentos públicos em I&D, que podem equilibrar o mercado de soluções de alta tecnologia.

Uma solução interessante para abordar um dos maiores desafios para as PMEs, nomeadamente a falta de funcionários qualificados e a falta de recursos financeiros é implementada pelo Instituto de Gestão de Informação em Engenharia (Institute for Information Management in Engineering) e pelo Instituto de Tecnologia Karlsruhe (KIT), onde é criado um laboratório para cooperação na Indústria 4.0 e, mais particularmente, uma "caixa de areia" (*sandbox*) digital para reunir PMEs e incentivá-las a debater, trocar ideias e apresentar soluções através da gamificação (*gamification*). A "caixa de areia" permite que os participantes usem ferramentas e instrumentos simples para tentar coisas

A "caixa de areia" digital é usada para reunir PME e incentivá-las a debater, trocar ideias e apresentar soluções por meio da gamificação. Nesse caso, a caixa de areia pode ser referida como um ambiente de teste para PMEs, onde os riscos financeiros são limitados e o conhecimento digital adquirido pode ser usado para transformar habilidades (Popova, M. et al., 2018).



novas e alcancem os seus objetivos trabalhando em conjunto. Desta maneira, o conhecimento digital adquirido transforma-se em habilidades usadas em tarefas diárias. Na "caixa de areia", os riscos financeiros que as PMEs assumem são limitados pois o investimento real só é realizado quando houver vantagens claras e mensuráveis. Esse conceito foi implementado no ELABO em Crailsheim, Baden-Wuerttemberg, como parte da introdução do seu "Sistema de Execução Shopoor" (Shopoor Execution System) (Popova, M. et al., 2018). A "caixa de areia" digital é usado como um exemplo de boas práticas que pode ter um impacto positivo noutras PMEs, pois estas podem adotá-la e testá-la com vários problemas distintos.

As novas tecnologias e abordagens introduzidas pela Indústria 4.0 estão a mudar rapidamente o cenário de negócios para as PMEs. Dispostas ou não, estas precisariam abordar as tendências futuras para manterem a sua vantagem competitiva e prosperar. Assim, tornarem-se conscientes e instruídas sobre a complexidade e os pré-requisitos para a implementação da Indústria 4.0 é de extrema importância para a gerência e os funcionários das PMEs. Requalificação, aprendizagem ao longo da vida e constante adaptação às necessidades do mercado e da indústria, impulsionadas pela crescente digitalização da economia e dos processos de trabalho, podem ser os principais ativos para o sucesso da Indústria 4.0. Prevê-se que fontes de talento adequadas se tornem uma das principais vantagens das PMEs, embora a automação vá consumir algumas das tarefas dos funcionários. O impacto da Indústria 4.0 em máquinas, sistemas e processos nas empresas consistiria na integração destes fatores numa conexão sem fios, mas funcionários altamente qualificados teriam que interagir com eles para permitir um processo de trabalho eficiente. Com novos desenvolvimentos a ocorrer diariamente, novas oportunidades para reorganizar a maneira como as pessoas trabalham também surgem, por exemplo, utilizando máquinas para trabalhos fisicamente exigentes ou introduzindo horários de trabalho mais flexíveis e adequados para a família. Fechar o fosso entre os níveis de apetência dos funcionários nas PMEs o mais rápido possível significaria que as PMEs terão uma oportunidade verdadeira de acompanhar o desenvolvimento da Indústria 4.0 e não ficar muito atrás das grandes empresas. Não abordar o problema de habilidades díspares a tempo, especialmente no campo digital e das TIC, deixá-las-ia com dificuldade de fazer frente à concorrência e, em alguns casos, incapazes de se tornar competitivas novamente.



## 7. Conclusão

*Bojan Jovanovski, FH JOANNEUM*

*Vítor Hugo Ferreira, Politécnico de Leiria*

*Emilie Chapotot, ESTIA*

O conceito da Indústria 4.0, em grande parte, está apoiado nas possibilidades decorrentes da digitalização e da Internet das coisas (*Internet of Things*), mas também possui uma pequena seção baseada apenas em elementos não digitais, como pessoas, organização e processos, que é o melhor exemplo do seu enfoque. A quarta revolução industrial é impulsionada apenas pelas oportunidades técnicas e tecnológicas contemporâneas, representando uma nova era de novos modelos de negócios flexíveis, advindo principais competências da organização. Isto está a criar um ecossistema completamente novo, no qual a prerrogativa de sucesso será dada apenas às empresas que terão a capacidade de utilizar os recursos ideais e responder de maneira proactiva e reativa a um ambiente em mudança constante.

A otimização de processos internos e externos, a melhoria da interface do cliente, novos ecossistemas e redes de valor e produtos e serviços inteligentes exemplificam como os modelos de negócios estão a mudar. Os "super-arquétipos" (Integração, Servitização e Especialização como Serviço), que abrangem várias ideias sobre como as empresas estão a mudar (e estes estão relacionados com: inovação de origem coletiva, produção como serviço e personalização em massa, parcerias ao longo da vida, produtos como serviço, consultoria relacionada com a produção de serviços, consultoria relacionada a processos, plataformas intermediárias e plataformas de IoT). Isto levará a mudanças em várias áreas de negócios, como Novos Modelos Digitais, Engenharia Digital, Integração Vertical, Integração Horizontal, Manutenção e Serviços Inteligentes, mas também levará a um foco no Espaço de Trabalho Digital e Marketing Digital.

Alguns conceitos são transversais na nossa análise, por exemplo, produto como serviço, personalização em massa, uso da IoT para fornecer análises, otimização e vincular cadeias de valor. O uso de tecnologias inteligentes (software, interação) e redes verticais e horizontais permite que as empresas inovem em serviços associados, como manutenção preditiva, monitorização, consultoria, construção de novas plataformas e serviços sobre o *hardware* dos seus principais serviços. A cocriação torna-se possível (dentro do espaço B2B), mas também surgem novos modelos de negócios do uso de tecnologias de manufatura digital que integram a cadeia de valor, que permitem que os clientes façam parte do processo de valor e comprem produtos personalizados a preços competitivos. Estas mudanças também alteram os modelos de receita e as empresas vendem assinaturas, resultados e são capazes de transformar os seus produtos em serviços.

Analisando a influência nos modelos de negócios, não devemos esquecer várias dimensões separadas da cadeia de valor. Tecnologias que permitem a gestão de recursos humanos digital e o

controle financeiro de cadeias de valor integradas e outros serviços que ajudam as empresas a alcançar o cliente (marketing digital) também são fundamentais neste novo campo. Empresas que oferecem segurança cibernética, infraestrutura (máquinas, sensores, etc.) e agilidade do sistema (a interconectividade de todas as partes) também são fundamentais. E novos modelos de negócios também incluem empresas que ajudam outras empresas nas suas transformações digitais, fornecendo experiência, formação e novas tecnologias que ajudam a organizar, motivar e incluir pessoas nesse processo.

O impacto que a Indústria 4.0 tem sobre a competitividade da indústria na produtividade, flexibilidade e eficiência está a evoluir de uma reforma revolucionária para um conceito essencial. As PMEs que já estão a analisar as suas oportunidades de reestruturação de acordo com as novas tendências, já superaram as principais barreiras à entrada relacionadas com a falta de conhecimento e estratégia. A posição da Comissão Europeia, das autoridades nacionais e locais em relação à Indústria 4.0 sugerem que, pelo menos a médio prazo, as PMEs em toda a Europa terão opções alternativas de financiamento a preços acessíveis (empréstimos ou subvenções cofinanciadas) como apoio à reestruturação. Este processo de implementação de projetos públicos é geralmente muito mais longo, mas as PMEs precisam desta margem para começar com as reformas não digitais. Esta revolução no modelo de negócios, cultura e mentalidade da organização precisa de estar alinhada com o desenvolvimento do capital humano e da estratégia tecnológica e de mercado da organização. Claramente, para muitas PMEs, o cumprimento dos pré-requisitos para uma implementação bem-sucedida da Indústria 4.0 será o próprio benefício.

I4.0 significa coisas diferentes para diferentes atores. Para a empresa, significa maior eficiência, menores custos, menos tempo de marketing, melhor comunicação e maior flexibilidade. Ao mesmo tempo, altera a maneira fundamental como as cadeias de valor são configuradas, alterando a maneira como as empresas interagem com os seus fornecedores e clientes. Os produtos tornam-se mais inteligentes, mais focados e personalizados para o cliente final e os fluxos de informações através da cadeia de valor, permitem um desenvolvimento, produção e distribuição mais inteligentes. As decisões passam a basear-se em dados e geralmente podem ser melhoradas com a IA. Mas o que significa isto para os trabalhadores? As suas competências são transformadas, com todos os níveis organizacionais exigindo agora, até certo ponto, o uso de dados, ferramentas de TI ou outro conhecimento relacionado. A interação homem-máquina torna-se mais inteligente, mas isso também significa libertar os trabalhadores para tarefas mais criativas. Estas transformações influenciam a maneira como as pessoas são geridas e formadas. Se, por um lado, precisamos de mais competências técnicas e matemáticas, por outro lado, precisamos de compreender que a automação liberta as pessoas para tarefas mais criativas onde o pensamento crítico é necessário e para outras tarefas que envolvem a interação com outras pessoas (portanto, habilidades sociais e inteligência emocional tornam-se ainda mais importantes).

A Indústria 4.0 é definida considerando diferentes pontos de vista na Europa. Digitização e Digitalização foram definidas para estabelecer uma definição comum para as partes interessadas no

projeto CHAIN e além. Por fim, é importante destacar a necessidade de as PME adaptarem o seu modelo de negócios introduzindo novos conceitos, novos modelos de organização, uma nova abordagem de gestão e novas tecnologias para se tornarem mais atraentes e competitivas neste novo modelo de mercado. Desta forma, esta publicação pretende tornar-se um Manual para aprendentes e um documento conciso para fornecer aos representantes do ES informações relevantes para a criação de um novo Currículo dedicado às PME europeias na economia digital.

## 8. Glossário

<b>Modelo de Negócio</b>	Um <i>modelo de negócios</i> descreve a forma como uma organização cria, capture e oferece valor. (Osterwalder e Pigneur, 2010, p. 14)
<b>Análise de custo-benefício</b>	Uma abordagem sistemática para estimar os pontos fortes e fracos de várias opções para determinar qual fornece a melhor abordagem para alcançar benefícios e preservar a economia (por exemplo, em transações, atividades e requisitos funcionais de negócios). (David, Rodreck, 2013)
<b>“Caixa de Areia” Digital</b>	Caixa de Areia ( <i>sandbox</i> ) é um termo usado em relação com testes de <i>software</i> , que se refere a um tipo de ambiente de teste de software que permite a execução isolada de software ou programas para avaliação, monitorização ou teste independente. ( <a href="http://www.technopedia.com">www.technopedia.com</a> ). A “caixa de areia” digital é usada para reunir PMEs e incentivá-las a debater, trocar ideias e apresentar soluções por meio da gamificação ( <i>gamification</i> ). Nesse caso, a caixa de areia pode ser referida como um ambiente de teste para PMEs, onde os riscos financeiros são limitados e o conhecimento digital adquirido pode ser usado para transformar as suas habilidades (Popova, M. et al., 2018).
<b>Gémeo digital (digital twin)</b>	Conjunto de constructos de informação virtuais que descrevem completamente um produto físico potencial ou real fabricado, do nível micro atómico ao nível macro geométrico. (Grieves, 2016)
<b>Digitalização</b>	Implica a integração das tecnologias digitais na vida quotidiana pela digitalização de tudo o que pode ser digitalizado. (Schallmo e Williams, 2018)
<b>Digitização</b>	Definida como a conversão de informação analógica em qualquer formato (texto, fotografias, voz, etc.) para formato digital. (Schallmo e Williams, 2018)
<b>Internet of People</b>	Todas as funções de rede levam em consideração que os dispositivos da Internet podem ser dispositivos pessoais dos utilizadores e, portanto, exploram modelos do comportamento humano para determinar a maneira como estes dispositivos devem operar na rede. Indo além, o conceito de IoP abraça uma integração ainda mais próxima entre dispositivos de Internet de nova geração (NGI) e humanos, permitindo que os próprios seres humanos contribuam

com recursos para as funções de NGI, evoluindo exemplos rudimentares atuais, como *crowdsourcing* e *crowdsensing*. Alguns elementos-chave estão na base dessa visão da IoP: a IoP é interdisciplinar, a IoP é quantitativa (não qualitativa), a IoP tem um foco tecnológico, a IoP está em rede e a IoP adota funções da Internet orientadas a dados. (Conti M., Passarella A., 2017)

**Internet of Things**

Uma infraestrutura global para a sociedade da informação, permitindo serviços avançados através da interconexão (física e virtual) de coisas com base em tecnologias de informação e comunicação interoperáveis existentes e em evolução. (ITU-T, 2012)

**Manufacturing execution systems (MES)**

Sistemas informatizados usados na fabricação para rastrear e documentar a transformação de matérias-primas em produtos finais. O MES fornece informações que ajudam os decisores na fabricação a entender como as condições atuais na fábrica podem ser otimizadas para melhorar a produção. O MES trabalha em tempo real para permitir o controle de vários elementos do processo de produção. (McClellan, 1997).

**Inovação de Marketing**

Um novo método de marketing que envolve mudanças significativas no *design* ou na embalagem do produto, na colocação do produto, na promoção ou no preço do produto. (OCDE, 2005)

**Inovação Organizacional**

Um novo método organizacional de práticas comerciais, do local de trabalho ou relações externas. (OCDE, 2005)

**Inovação de Processo**

Um método de produção ou entrega novo, ou significativamente otimizado. Isto inclui mudanças significativas nas técnicas, equipamentos e/ou software. (OCDE, 2005)

**Inovação de Produto**

Um bem ou serviço novo, ou significativamente melhorado. Isto inclui melhorias significativas nas especificações técnicas, componentes e materiais, software no produto, facilidade de uso ou outras características funcionais. (OCDE, 2005)

**Ransomware**

Tipo de *malware* de virologia criptográfica que ameaça publicar os dados da vítima ou bloquear perpetuamente o acesso a estes, a menos que um resgate seja pago. (Young, A. et al., 1996)

**Servitização**

Inovação dos recursos e processos de uma organização para passar da venda de produtos para a venda de produtos e serviços integrados que agregam valor em uso. (Baines, et al. 2009)

**Cadeia de Valor**

A ideia da *cadeia de valor* é baseada na visão das organizações em processo, na ideia de ver uma organização de produção (ou serviço) como um sistema, composto de subsistemas, cada um com entradas, processos de transformação e saídas. Como as atividades da cadeia de valor são realizadas determina os custos e afeta os lucros. (Porter, 1985)

## 9. Referências

As referências das fontes usadas nesta brochura estão organizadas por capítulo.

### 9.1 Capítulo 1 - Introdução

COM, (2014) „For a European Industrial Renaissance“ - Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions

Delgado M., Ketels C., Porter M. E., Stern S., (2012). „Determinants of National Competitiveness“, NBER Working Paper Series, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts, DOI: 10.3386/w18249

European Commission (2015) Horizon 2020 First results, European Union

Liao, Y., Loures, E. R., Deschamps, F., Brezinski, G., & Venâncio, A. (2017). The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison. *Production*, 28, e20180061. DOI: 10.1590/0103-6513.20180061

Marginean Silvia, (2006). “Competitiveness: from microeconomic foundations to national determinants“, Studies in Business and Economics Studies in Business and Economics, Retrieved: <http://eccsf.ulbsibiu.ro/RePEc/blg/journal/113marginean.pdf>

Osterwalder, A. & Pigneur Y., (2010). Business Model Generation, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey

Porter M. E., (1990) „The Competitive Advantage of Nations“, Harvard Business Review, March–April 1990 Issue, Retrieved: <https://hbr.org/1990/03/the-competitive-advantage-of-nations>

### 9.2 Capítulo 2 - Teoria da Inovação e Revolução Técnica

Adams, R. (2006). Innovation measurement: A review. *International Journal of Management Reviews*, 8 (1), 21-47.

Cebon, P., Newton, P. & Noble, P. (1999). Innovation in organizations: Towards a framework for indicator development. Melbourne Business School Working Paper #99-9, September.

Chandler, A. (1990). Scale and scope: The dynamics of industrial capitalism. Cambridge, MA: Harvard University Press.



- Coakes, E. & Smith, P. (2007). Developing communities of innovation by identifying innovation champions. *The International Journal of Knowledge and Organizational Learning Management*, 14, 1, 74-85
- Conti M., Passarella A., (2017) Internet of People (IoP) - An inter-disciplinary approach to Networking in a human-centric NGI, <https://ec.europa.eu/futurium/en/content/internet-people-iop-inter-disciplinary-approach-networking-human-centric-ngi>
- Freeman, C. (1982). *The economics of industrial innovation* (2nd ed.). London: Routledge
- Huhtala, H. & Parzefall, M-R. (2007). A review of employee well-being and innovativeness: An opportunity for a mutual benefit. *Creativity and Innovation Management*, 16, 3, 299-306.
- Langlois, R. (2015). Chandler in a larger frame: Markets, transaction costs, and organizational form in History. *Enterprise & Society*, 5 (3), 355-375
- Love, J. & Roper, S. (2004). The organization of innovation: collaboration, cooperation and multifunctional groups in UK and German manufacturing. *Cambridge Journal of Economy*, 28, 3, 379-395.
- Micklethwait, J. & Wooldridge, A. (2014). *The fourth revolution: The global race to reinvent the state*. London: Penguin Books
- Rowley, J., Baregheh, A. & Sambrook, S. (2011). Towards an innovation-type mapping tool. *Management Decision*, 49, 1, 73-86
- Schumpeter, J. A. (1934). *Invention and economic growth*. Cambridge: Harvard University Press
- Sloan, A. (1963). *My years with General Motors*. NY: Doubleday.
- Uzzi, B. & Spiro, J. (2005). Collaboration and creativity: The small world problem. *The American Journal of Sociology*, 111, 2, 447-504.

### 9.3 Capítulo 3 - Definição da Indústria 4.0

- Bischof, Ch., Tschandl, M., Brunner, U. (2017). Potenziale der Digitalisierung für das Supply-Chain-Controlling, in: Dörner, K. F., Prandstetter, M., Starkl, F. P., Wakolbinger, T. (Edt.). *Jahrbuch der Logistikforschung: Innovative Anwendungen, Konzepte & Technologien*, LRA – Logistics Research Austria, Trauner Verlag. 117 – 134.
- Bloomberg, J. (2018): Digitização, Digitalization, And Digital Transformation: Confuse Them At Your Peril. <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2018/04/29/digitização-digitalization-and-digital-transformation-confuse-them-at-your-peril/>
- BMWI-Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2015). *Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft. Impulse für Wachstum, Beschäftigung und Innovation*. [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industrie-4-0-und-digitale-wirtschaft.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industrie-4-0-und-digitale-wirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=3)

- Brennen, S., Kreiss, D. (2014). Digitalization and Digitização. <http://culturedigitally.org/2014/09/digitalization-and-digitização/>
- Danjou, C., Rivest, L., & Pellerin, R. (2018). Douze positionnements stratégiques pour l'Industrie 4.0: entre processus, produit et service, de la surveillance à l'autonomie.
- Fraysee, E. (2013). Tout savoir sur... Business is digital, Editions Kawa, Bluffy.
- Hermann, C., Schmidt, D., Kurle, S., & Thiede, S. (2014). Sustainability in Manufacturing and Factories of the Future. International Journal of precision engineering and manufacturing-green technology. 1, 282-292. <https://doi.org/10.1007/s40684-014-0034-z>
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Design principles for industrie 4.0 scenarios: A literature review. Working paper No. 01/ 2015.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Frankfurt: Acatech-National Academy of Science and Engineering.
- Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. (2013). Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft, Frankfurt/Main.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering, 6(4), 239.
- Mario, M., Hihigoyen, S. (2019). Réusir le défi du digital en 2019, Digitall Conseil, Bordeaux.
- Matzler, K., Bailom, F., von den Eichen, St., Anschober, M. (2016). Digital Disruption. Wie Sie Ihr Unternehmen auf das digitale Zeitalter vorbereiten. Vahlen-Verlag, München.
- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. International Journal of Production Research. 56(3), 1118-1136.
- Mosconi, F. (2015). The new knowledge management: Complexity, learning and sustainable innovation. Amsterdam, The Netherlands: Buteworth-Heinemann.
- Ning, H., & Liu, H. (2015). Cyber-physical-social-thinking space-based science and technology framework for the Internet of things. Science China Information Sciences, 58, 1-19. Doi:10.1007/s11432-014-5209-2
- Obermeier, R. (2016). Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe. Springer, Wiesbaden, 8.
- Plattform Industrie 4.0. (2019). <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/In-der-Praxis/Internationales/EuropaeischeEbene/europaeische-ebene.html>
- Schallmo, D.R.A., Williams, C.A. (2018). Digital Transformation Now!, Springer, Wiesbaden.
- Tschandl, M., Kogleck R. (2018). Controller als Innovatoren: Von der Digitalisierungs-Roadmap zum neuen Geschäftsmodell, in: Gleich/Tschandl: Digitalisierung & Controlling. Haufe-Lexware, München.

Vivier, E., Ducrey, V., (2019). *Le guide de la transformation digitale*, Eyrolles, Paris.

Wallmüller, E. (2017). *Praxiswissen Digitale Transformation: Den Wandel verstehen, Lösungen entwickeln, Wertschöpfung steigern*. Carl-Hanser-Verlag München.

Zezulka, F., Marcon, P., Vesely, I., & Sajdl, O. (2016). Industry 4.0—An Introduction in the phenomenon. *IFAC-PapersOnLine*. 49(25), 8-12.

## 9.4 Capítulo 4 - Transformação Tecnológica e Organizacional

BINGI, P., SHARMA, M., GODLA, J., (1999), Critical issues affecting an ERP implementation. *IS Management*, v. 16, n. 3, p. 7-14.

BOUWMAN, H.; VAN DEN HOOFF, B.; VAN DE WIJNGAERT, L. (2005), *Information and communication technology in organizations: adoption, implementation, use and effects*. Sage.

Buhr, D. (2015), *Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0 [Social innovation policy for Industry 4.0]*, in: WISO Diskurs (2015), *Expertisen und Dokumentationen zur Wirtschafts- und Sozialpolitik*, Friedrich-EbertStiftung, Bonn.

Camisón, C., & Villar-López, A. (2014). Organizational innovation as an enabler of technological innovation capabilities and firm performance. *Journal of Business Research*, 67(1), 2891–2902. doi:10.1016/j.jbusres.2012.06.004

Cardozo, R., McLaughlin, K., Harmon, B., Reynolds, P., & Miller, B. (1993). Product– market choices and growth of new businesses. *Journal of Product Innovation Management*, 40, 10:331.

Cefis, E., & Marsili, O. (2006). Survivor: The role of innovation in firms' survival. *Research Policy*, 35(5), 626–641. doi:10.1016/j.respol.2006.02.006

Cooper, R. B., & Zmud, R. W. (1990). Information technology implementation research: A technology diffusion approach. *Management Science*, 36(2), 123–139.

Cotteleer, M., Sniderman, B. (2017). *Forces of change: Industry 4.0*, Deloitte Services LP's Center for Integrated Research. Retrieved: <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/overview.html#endnote-26>

Cotteleer, M., Trouton, S. and Dobner, E. (2016). 3D opportunity and the digital thread: Additive manufacturing ties it all together, Deloitte University Press.

Daft, R. L. (1982). Bureaucratic versus nonbureaucratic structure and the process of innovation and change. In S. B. Bacharach (Ed.), *Research in the sociology of organizations*, (Vol. 1, pp. 129–166). Greenwich. CT: JAI Press.

Damanpour, F. (1991). Organizational Innovation: A Meta-Analysis of Effects of Determinants and Moderators. *Academy of Management Journal*, 34(3), 555–590.

- Damanpour, F., & Evan. W. M. (1984). Organizational innovation and performance: The problem of organizational lag. *Administrative Science Quarterly*, (29), 392–409.
- Damanpour, F., & Gopalakrishnan, S. (1998). Theories of organizational structure and innovation adoption: the role of environmental change. *Journal of Engineering and Technology Management*, 15(1), 1–24. doi:10.1016/S0923-4748(97)00029-5
- DAMANPOUR, F.; SCHNEIDER, M. (2006). Phases of the adoption of innovation in organizations: Effects of environment, organization and top Managers<sup>1</sup>. *British Journal of Management*, v. 17, n. 3, p. 215-236.
- Davenport, T. H. (2005). The Coming Commoditisation of Processes. *Harvard Business Review*, 83(6), p 101–108. doi:10.1108/14637151211225207
- Geisberger, E., & Broy, M. (2012). agenda CPS - Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. acatech STUDIE. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-29099-2>
- Gjerding, A. N. (1996). Organisational Innovation in the Private Danish Business Sector, DRUID Working Paper 96-16. Aalborg University/Copenhagen Business School.
- Goodhue, D. L., Wixom, B. H., & Watson, H. J. (2002). Realizing Business Benefits Through CRM: Hitting the Right Target in the Right Way. *MIS Quarterly Executive*, 1(2), 79-94.
- Hitt, L. M., & Brynjolfsson, E. (1996). Productivity, Business Profitability, and Consumer Surplus : Three Different Measures of Information Technology Value. *MIS Quarterly*, 20(2), 121-142.
- Hood et al. (2016), *Industry 4.0 engages customers*, Deloitte’s Center for Integrated Research. Retrieved: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cn/Documents/cip/deloitte-cn-cip-industry-4-0-engages-customer-en-170224.pdf>
- Jacobs, R. L., & Bu-Rahmah, M. J. (2012). Developing employee expertise through structured on-the-job training (S-OJT): an introduction to this training approach and the KNPC experience. *Industrial and Commercial Training*, 44(2), 75–84. <https://doi.org/10.1108/00197851211202902>
- Kimberly, J. R., & Evanisko, M. (1981). Organizational innovation: the influence of individual, organizational and contextual factors on hospital adoption of technological and administrative innovations. *Acad. Manage. J.*, 24, 689–713.
- Knowles-Cutler, A., and Lewis, H. (2016), Talent for survival: Essential skills for humans working in the machine age, Deloitte LLP.
- Kraemer, K. L., Gurbaxani, V., Mooney, J., Dunkle, D., & Vitalari, N. (1994). The Business Value of Information Technology in Corporations. University of California, Irvine: Center for Research on Information Technology and Organizations (CRITO).
- LAMBERT, D.; COOPER, M. (2000), Issues in supply chain management. *Industrial marketing management*, v. 29, n. 1, p. 65-83.

- Ludwig, T; Kotthaus, C; Stein, M.; Pipek V; Wulf, V. (2018): Revive Old Discussions! Sociotechnical Challenges for Small and Medium Enterprises within Industry 4.0. In: Proceedings of 16th European Conference on Computer-Supported Cooperative Work - Exploratory Papers, Reports of the European Society for Socially Embedded Technologies (ISSN 2510-2591), DOI: 10.18420/ecscw2018\_15
- Mariani, J., Sniderman, B. and Harr, C. (2017), More real than reality: Transforming work through augmented reality, *Deloitte Review* 21, July 31, 2017.
- Melville, N., Kraemer, K., & Gurbaxani, V. (2004). Review: Information Technology and Organizational Performance: An Integrative Model of IT Business Value. *MIS Quarterly*, 28(2), 283-322.
- Mol, M. J., & Birkinshaw, J. (2009). The sources of management innovation: When firms introduce new management practices. *Journal of Business Research*, (62), 1269–1280.
- Mooney, J. G., Gurbaxani, V., & Kraemer, K. L. (1996). A process oriented framework for assessing the business value of information technology. *ACM SIGMIS Database*, 27(2), 68-81.
- Mukhopadhyay, T., Kekre, S., & Kalathur, S. (1995). Business Value of Information Technology: A Study of Electronic Data Interchange. *MIS Quarterly*, 19(2), 137- 156.
- Mussomeli, A., Gish, D., Laaper, S. (2016), *The rise of the digital supply network*, Deloitte's Center for Integrated Research.
- OECD. (1997). OSLO MANUAL - The Measurement of Scientific and Technological Activities Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data. Eurostat. doi:10.1787/9789264013100-en
- OECD/Eurostat (2005), Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3rd Edition, The Measurement of Scientific and Technological Activities, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264013100-en>.
- Parrott, A. and Warshaw, L. (2017), *Industry 4.0 and the digital twin.*, Deloitte's Center for Integrated Research, Retrieved: <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html>
- Prange, C, Pinho, J. (2017), How personal and organizational drivers impact on SME international performance: The mediating role of organizational innovation, *International Business Review*, Volume 26, Issue 6.
- RAM, J.; CORKINDALE, D., TAGG, R., (2016), Empirical Validation Of A Performance-Based Innovation Process Model: A Case Of ERP. *Journal of Computer Information Systems*, v. 56, n. 2, p. 116-126. Retrieved: [https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/3465\\_Digital-supply-network/DUP\\_Digital-supply-network.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/3465_Digital-supply-network/DUP_Digital-supply-network.pdf)
- Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of Innovations* (3rd ed.). New York: The Free Press. Retrieved from <http://www.google.pt/books?hl=en&lr=&id=v1ii4QsB7jIC&pgis=1>
- Schröder, C. (2017), The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium-sized Enterprises, A good society – social democracy 2017, THE FRIEDRICH-EBERT-STIFTUNG.

- Schwartz, J., Collins, L., Stockton, H., Wagner, D. and Walsh, F. (2017), The future of work: The augmented workforce, Deloitte University Press.
- Tellis, G. J., Prabhu, J. C., & Chandy, R. K. (2009). Radical Innovation Across Nations: The Preeminence of Corporate Culture. *Journal of Marketing*, 73(1), 3–23. doi:10.1509/jmkg.73.1.3
- Tung, C. (2018), Vertical integration for smart manufacturing-The dynamic capability perspective, *Journal of Advances in Technology and Engineering Research*, 4(2): 70-78.
- Van de Ven, A. H., & Rogers, E. M. (1988). Innovations and Organizations: Critical Perspectives. *Communication Research*, 15(5), 632–651. doi:10.1177/009365088015005007
- Zaltman, G., Duncan, R., & Holbek, J. (1973). *Innovations and organizations*. New York: Wiley.
- Zuboff, S. (1985). *Automate/informate: the two faces of intelligent technology*.

## 9.5 Capítulo 5 - Inovação e Novos Modelos de Negócio

- Arnold, C., Kiel, D., and Voigt, K.-I. 2016. "How Industry 4.0 Changes Business Models in Different Manufacturing Industries," in *Proceedings of XXVII ISPIM Conferences*, K. Huizingh, S. Conn, M. Torkkeli and I. Bitran (eds.). Porto, Portugal: ISPIM, pp. 1-20.
- Baden-Fuller, C. and Haefliger, S. (2013) *Business Models and Technological Innovation*. *Long Range Planning*, 46, 419-426. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lrp.2013.08.023>
- Burmeister, C., Lüttgens, D., and Piller, F. T. 2016. "Business Model Innovation for Industrie 4.0: Why the Industrial Internet Mandates a New Perspective on Innovation," *Die Unternehmung* (70:2), pp. 124-152.
- Chesbrough, H. (2010), *Business model innovation opportunities and barriers*. 2010, Vol. 43, pp. 354-363.
- Chesbrough, H. e Rosenbloom, R. (2002), *The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies*. 3, 2002, Vol. 11, pp. 529-555.
- Deloitte (2017), *Forces of change: Industry 4.0*, in <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/overview.html>
- Dimension Data, (2018), Retrieved: <https://www.dimensiondata.com/en/microsites/digital-workplace-report>
- E.W. Fleisch, Markus; Wortmann, Felix, *Geschäftsmodelle* (2014) *im Internet der Dinge*. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*. 51(6) 812- 826.
- Gudiksen, S., Poulsen, S. B. & Buur, J., (2014), 'Making business models', *International Journal of CoCreation in Design and the Arts*, 10 (1), pp.15-30, Taylor & Francis, Denmark.
- Ibarra, D., Ganzarain, J., Igartua, J. (2018), *Business model innovation through Industry 4.0: A review*, *Procedia Manufacturing*, Volume 22, Pages 4-10, ISSN 2351-9789, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.002>.

- IHS Automotive (2018). 2018 CES – A confluence of technologies to drive automotive innovation Retrieved from <https://ihsmarkit.com/research-analysis/2018-ces-a-confluence-of-technologies-to-drive-automotive-innovation.html>
- Johnson, M. (2010), *Seizing the White Space: Business Model Innovation for Growth and Renewal*. 1. s.l. : Harvard Business Press, 2010.
- Johnson, W. M (2010) *The time has come for business model innovation*. 2010.
- Johnson, W. M., Christensen, C. e Kagermann, H. (2008), *Reinventing your business model*. 12, Dec. de 2008, Vol. 86, pp. 50-59.
- Kagermann, H., Wahlster, W., and Helbig, J. (2013), *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*, acatech.
- Kim, A. S., DiPlacido, M. P., Kerns, M. C., & Darnley, R. E. (2018). *Industry 4.0: Digitização in Danish Industry*. Retrieved from <https://digitalcommons.wpi.edu/iqp-all/5185>
- M.M.A. Iivari, Petri; Komi, Marjaana; Tihinen, Maarit; Valtanen, Kristiina, (2016) *Toward Ecosystemic Business Models in the Context of Industrial Internet*. *Journal of Business Models*. 4(2) 42-59.
- Machine Sense (2018), *Industry 4.0 Using MachineSense Industrial IoT Platform*, retrieved 1, march 2019.
- Magretta, J. (2002), *Why business models matter*. [ed.] *Harvard Business Review*. 80, May de 2002, Vol. 5, pp. 86-92.
- McClellan, M. (1997). *Applying Manufacturing Execution Systems*. Boca Raton, Fl: St. Lucie/APICS. ISBN 1574441353.
- McKinsey Digital (2015), *Industry 4.0: How to navigate digitização of the manufacturing sector*, Available: ISSN: 2414-4592
- Meira, S., (2013), *Negócios Inovadores De Crescimento Empreendedor No Brasil*, Casa de Palavra, Rio de Janeiro, Brazil.
- Oracle (2018), *22 Big Data Use Cases You Want to Know*, Oracle Corporation, CA 94065 USA., retrieved 31 October 2018.
- Osterwalder, A. e Pigneur, Y., (2010). *Business Model Generation*. s.l. : John Wiley & Sons, Inc, 2010.
- PwC (2016), *Indústria 4.0 Construir a empresa digital*, retrieved: <https://www.pwc.pt/pt/temas-actuais/2016/pwc-industria-40.pdf>
- Schröder, C. (2017). *The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium-sized Enterprises*. *Friedrich-Ebert-Stiftung*, 28.
- Schwarzkopf (2016), *An Evaluation of the Business Model Canvas By Technology-Oriented Startups In Brazil: A qualitative study about the usage of the tool by Brazilian entrepreneurs*, Master's thesis presented to Corporate International Master's program, Escola Brasileira de Administração Pública, Fundação Getulio Vargas.



- Shafer, M. S, Smith, H. J e Linder, C. J. (2005), The power of business models. 48, 2005, pp. 199-207.
- Sniukas, M. (2012), Making Business Model Innovation Happen. Applied Innovation Management. s.l.: Innovation Management, 2012. p. 27, Guide.
- Staeher, P. (2001), Business models in the digital economy. 2001.PhD Thesis.
- Stähler, P. (2002), Business models as an unit of analysis for strategizing. 2002.
- Tukker, A. (2004). Eight Types of Product–Service System: Eight Ways to Sustainability? Experiences from Suspronet, Business strategy and the environment (13:4), pp. 246-260.
- Van Ostaeyen, Joris (2014). Analysis of the Business Potential of Product-Service Systems for Investment Goods. PhD thesis, KU Leuven. p. 2. ISBN 978-94-6018-805-3.
- Weking, J., Stöcker, M., Kowalkiewicz, M.; Böhm, M. and Krcmar, H., (2018), Archetypes for industry 4.0 business model innovations,' in Presented at the Twenty-fourth Americas Conference on Information Systems, New Orleans, LA.
- Zott, C. e Amit, R. (2007), Business Model Design and the Performance of Entrepreneurial Firms. 2, March-April de 2007, Vol. 18, pp. 181-199.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering, 6(4), 239.

## 9.6 Capítulo 6 – Impacto em PME

- Curtarelli, M., Gualtieri V., Jannati M. S., Donlevy V. (2017). ICT for work: Digital skills in the workplace, European Commission, Doi:10.2759/498467. Retrieved from <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ict-work-digital-skills-workplace>
- David, Rodreck; Ngulube, Patrick; Dube, Adock (2013). "A cost–benefit analysis of document management strategies used at a financial institution in Zimbabwe: A case study". SA Journal of Information Management. 15 (2). doi:10.4102/sajim.v15i2.540
- Design Conference, Bochum, Germany. Retrieved from: <https://www.springer.com/gp/book/9783642308161>
- King, A. (2018), Industry 4.0 and SMEs, RMIT University. Retrieved from: <https://www.rmit.edu.au/industry/develop-your-workforce/tailored-workforce-solutions/c4de/articles/industry-and-smes>
- Lorenz, M., Küpper D., Rübmann M., Heidemann A., Bause A., (2016). Time to Accelerate in the Race Toward Industry 4.0 The Boston Consulting Group, Inc. Retrieved from: [http://www.metalonia.com/w/documents/BCG-Time-to-Accelerate-in-the-Race-Toward-Industry-4.0-May-2016\\_tcm80-209674.pdf](http://www.metalonia.com/w/documents/BCG-Time-to-Accelerate-in-the-Race-Toward-Industry-4.0-May-2016_tcm80-209674.pdf)

- Maresova, P., Soukal I., Svobodova, L., Hedvicakova, M., Javanmardi, E., Selamat, A., Krejcar, O. (2018). Consequences of Industry 4.0 in Business and Economics, *Economies* 2018, 6, 46; doi:10.3390/economies6030046. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/publication/326943099\\_Consequences\\_of\\_Industry\\_40\\_in\\_Business\\_and\\_Economics](https://www.researchgate.net/publication/326943099_Consequences_of_Industry_40_in_Business_and_Economics)
- Müller, J.M., Kiel, D., Voigt, K. (2018). What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability, *Open Access Journal*, vol. 10(1), 1-24. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v10y2018i1p247-d127650.html>
- Popova, M, Ovcharova, Zh., Margenov, S., Todorov, G., Kamberov, K., Slavkov, V., Kostov, L. (2018), *Industry 4.0 - Challenges and consequences for the economic and social development of Bulgaria*, Friedrich-Ebert-Stiftung, ISBN 978-954-2979-32-6. Retrieved from <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/sofia/14601.pdf>
- Schröder. C., Philipps, R. (2016). *The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium-sized Enterprises*, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/publication/305789672\\_The\\_Challenges\\_of\\_Industry\\_40\\_for\\_Small\\_and\\_Medium-sized\\_Enterprises](https://www.researchgate.net/publication/305789672_The_Challenges_of_Industry_40_for_Small_and_Medium-sized_Enterprises)
- SMEUnited (2019). *The EU Craft and SME Barometer*, Brussels, Belgium. Retrieved from <https://smeunited.eu/admin/storage/smeunited/190308-barometer-19h1.pdf>
- Smit J., Kreutzer S., Moeller C., Carlberg M., (2016). *Industry 4.0, Policy Department A: Economic and Scientific Policy*, European Union. Retrieved from: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL\\_STU\(2016\)570007\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf)
- Türkcs, M., Oncioiu, I., Aslam, H., Marin-Pantelescu, A., Topor, D., Capus,neanu, S. (2019). Drivers and Barriers in Using Industry 4.0: A Perspective of SMEs in Romania, *Processes* 2019, 7, 153; doi:10.3390/pr7030153. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2227-9717/7/3/153/pdf>
- Young, A.; M. Yung (1996). *Cryptovirology: extortion-based security threats and countermeasures*. IEEE Symposium on Security and Privacy. pp. 129–140. doi:10.1109/SECPRI.1996.502676. ISBN 0-8186-7417-2

## 9.7 Glossário

- Conti M., Passarella A., (2017) *Internet of People (IoP) - An inter-disciplinary approach to Networking in a human-centric NGI*, <https://ec.europa.eu/futurium/en/content/internet-people-iop-inter-disciplinary-approach-networking-human-centric-ngi>
- David, Rodreck; Ngulube, Patrick; Dube, Adock (2013). "A cost–benefit analysis of document management strategies used at a financial institution in Zimbabwe: A case study". *SA Journal of Information Management*. 15 (2). doi:10.4102/sajim.v15i2.540
- Davis, S. (1996), *Future Perfect*, Addison-Wesley, Boston, MA.

Grievess, M., "Origins of the Digital Twin Concept", (2016). doi: 10.13140/RG.2.2.26367.61609, Florida Institute of Technology / NASA, DOI:10.13140/RG.2.2.26367.61609

ITU-T Y.2060, (2012) SERIES Y: GLOBAL INFORMATION INFRASTRUCTURE, INTERNET PROTOCOL ASPECTS AND NEXT-GENERATION NETWORKS Next Generation Networks – Frameworks and functional architecture models - Overview of the Internet of things, <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=11559&lang=en>

McClellan, M. (1997). Applying Manufacturing Execution Systems. Boca Raton, FL: St. Lucie/APICS. ISBN 1574441353.

OECD/Eurostat (2005), Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3rd Edition, The Measurement of Scientific and Technological Activities, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264013100-en>.

Osterwalder, A. & Pigneur Y., (2010). Business Model Generation, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey

Popova, M, Ovcharova, Zh., Margenov, S., Todorov, G., Kamberov, K., Slavkov, V., Kostov, L. (2018), Industry 4.0 - Challenges and consequences for the economic and social development of Bulgaria, Friedrich-Ebert-Stiftung, ISBN 978-954-2979-32-6. Retrieved from <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/sofia/14601.pdf>

Porter, Michael E., (1985) "Competitive Advantage", The Free Press, New York, pp. 11-15.

Schallmo, D.R.A., Williams, C.A. (2018). Digital Transformation Now!, Springer, Wiesbaden.

T.S. Baines, H.W. Lightfoot, O. Benedettini, J.M. Kay, (2009) "The servitization of manufacturing: A review of literature and reflection on future challenges", Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 20 Issue: 5, pp.547-567, <https://doi.org/10.1108/17410380910960984>

Young, A.; M. Yung (1996). Cryptovirology: extortion-based security threats and countermeasures. IEEE Symposium on Security and Privacy. pp. 129–140. doi:10.1109/SECPRI.1996.502676. ISBN 0-8186-7417-2.