



# SCIENTIFIC SOCIETY



**INDÚSTRIA DE  
ALTO VALOR  
ACRESCENTADO,  
RESILIENTE E  
SUSTENTÁVEL**



**INESC TEC SCIENCE & SOCIETY  
É PUBLICADA PELO INESC TEC**  
INSTITUTO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS  
E COMPUTADORES, TECNOLOGIA E CIÊNCIA

Campus da FEUP  
Rua Dr Roberto Frias  
4200-465 Porto  
Portugal  
+351 222094000  
info@inesctec.pt  
www.inesctec.pt

**COPYRIGHT**

Todos os autores dos artigos que constam nesta edição devem ser identificados com copyright pelos seus trabalhos. INESC TEC Science & Society é uma publicação licenciada por Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY).

**ONLINE EDITION**

[science-society.inesctec.pt](http://science-society.inesctec.pt)

**EQUIPA EDITORIAL PARA O TEMA ESPECIAL**

José Carlos Marques dos Santos (INESC TEC/FEUP) Editor  
Américo Azevedo (INESC TEC/FEUP) Co-editor  
Ana Cristina Barros (INESC TEC) Co-editora

**CONSELHO EDITORIAL**

Artur Pimenta Alves (Associate Director, INESC TEC)  
Pedro Guedes Oliveira (Consultor do Presidente do INESC TEC e Presidente do Fórum do Outono)  
Sandra Pinto (Serviço de Comunicação, INESC TEC)  
Duarte Dias (Cluster Redes de Sistemas Inteligentes, INESC TEC)  
Marta Maia (Cluster Energia, INESC TEC)  
Ana Alonso (Cluster Informática, INESC TEC)  
Mário Amorim Lopes (Cluster Engenharia Industrial e de Sistemas, INESC TEC)  
Vasco Ribeiro (Ciências da Comunicação, FLUP)

**DESIGN**

Pedro Regadas (Communication Service, INESC TEC)

**APOIO TÉCNICO**

Soraia Ramos (Management Support Service, INESC TEC)  
Fábio Alves (Management Information Systems Service, INESC TEC)





**1.**  
**Abertura**  
P.8



**2.**  
**Editorial**  
P.12



**3.**  
**Tema Especial**  
P.20



**4.**  
**Olhar o Passado**  
P.66



**5.**  
**Temas de Atualidade**  
P.74

## ÍNDICE

**8 Abertura**

**12 Editorial**

**TEMA ESPECIAL - INDÚSTRIA DE ALTO VALOR ACRESCENTADO, RESILIENTE E SUSTENTÁVEL**

**13 Transformemos a Indústria!**

José Carlos Marques dos Santos, Américo Azevedo, Ana Cristina Barros

**22 Políticas Públicas para a Indústria**

Carlos Costa, José Carlos Caldeira

**26 O Desenvolvimento e Industrialização de Produtos em Indústrias de Alto Valor Acrescentado**

Joaquim Menezes

**30 Ponto de Partida: Maturidade!**

Américo Azevedo

**34 Economia Circular: Investigar e Inovar para um Futuro Sustentável**

António Lucas Soares e António Baptista

**38 Servitização: Uma Estratégia de Resiliência Baseada em Serviços para Empresas Industriais**

Miguel Leichsenring Franco, Bernardo Almada-Lobo, Rui Soucasaux Sousa

**42 Cooperação Homem-Máquina para uma Indústria Resiliente**

Germano Veiga

**46 Dados e Aprendizagem Automática na Tomada de Decisão**

Pedro Amorim, José Fernando Oliveira

**50 Dos Mundos Virtuais ao Ser Humano Aumentado**

António Coelho, Augusto Sousa, Rui Rodrigues, Filipa Ramalho

**54 Arquiteturas e Plataformas Digitais**

César Toscano, Rafael Arrais

**58 A Emergência da Empresa Inteligente**

Rui Rebelo, Luís Guardão, Luís Lima

**62 Fábrica de Aprendizagem**

Ana Correia Simões, António Henrique Almeida, Américo Azevedo

### OLHAR O PASSADO

**68 Industrialização Portuguesa: Superação de uma Herança Pesada**

Maria Fernanda Rollo, Ana Cristina Barros, Luís Carneiro, José Carlos Caldeira

### TEMAS DA ATUALIDADE

**76 Ciência Pós-Normal**

Susana Barbosa

**80 Recomendações Políticas para as Cadeias de Abastecimento da Próxima Geração**

Ricardo Zimmermann, Pedro Pinho Senna, Ana Cristina Barros









# ABERTURA

## CIÊNCIA & SOCIEDADE

Este é o número 2 da revista "INESC TEC Ciência & Sociedade", criada com o objetivo de divulgar a ciência à sociedade e contribuir para o debate de questões emergentes. Dirige-se ao público em geral, esperando-se que possa ser de interesse para os gestores, políticos e técnicos dos sistemas em que os temas tratados sejam aplicados. A revista é distribuída online, é semestral e aborda um tema especial em cada número, embora sem excluir outros artigos de oportunidade. O número do outono será sempre dedicado ao mesmo tema do Fórum do Outono, realizado pelo INESC TEC desde 2015 – com exceção da edição do ano passado, que infelizmente teve que ser adiada devido à evolução da pandemia e criou um desfaseamento, porque a revista, entretanto já preparada, saiu na data prevista.

Foi com muita satisfação que verificámos a excelente aceitação do primeiro número, dedicado à área da saúde.

O número 2 aborda a problemática da indústria. Decidimos desta vez alargar os convites para a publicação de artigos a personalidades externas que nos permitam uma discussão em extensão do tema, dando maior relevo à componente de políticas públicas.

Esta é a abordagem que pretendemos manter no futuro, esperando continuar a merecer o interesse dos leitores.

Para além dos artigos dedicados ao tema especial incluem-se 2 artigos de atualidade que se apresentam na parte final. O primeiro intitulado ciência pós-normal discute o papel da ciência na sequência das grandes crises, como a pandemia que estamos a viver, e o segundo apresenta um conjunto de recomendações para as políticas públicas a adotar no desenvolvimento das futuras cadeias de abastecimento. Resta-me agradecer a todos os que contribuíram, destacando o trabalho realizado pelo Conselho Editorial e pelo Serviço de Comunicação do INESC TEC, e, muito em particular, à equipa de 3 redatores do Tema Especial e a todos os autores.

Esperamos sinceramente que o resultado seja do vosso agrado.

**ARTUR PIMENTA ALVES** <sup>(1,2,3)</sup>

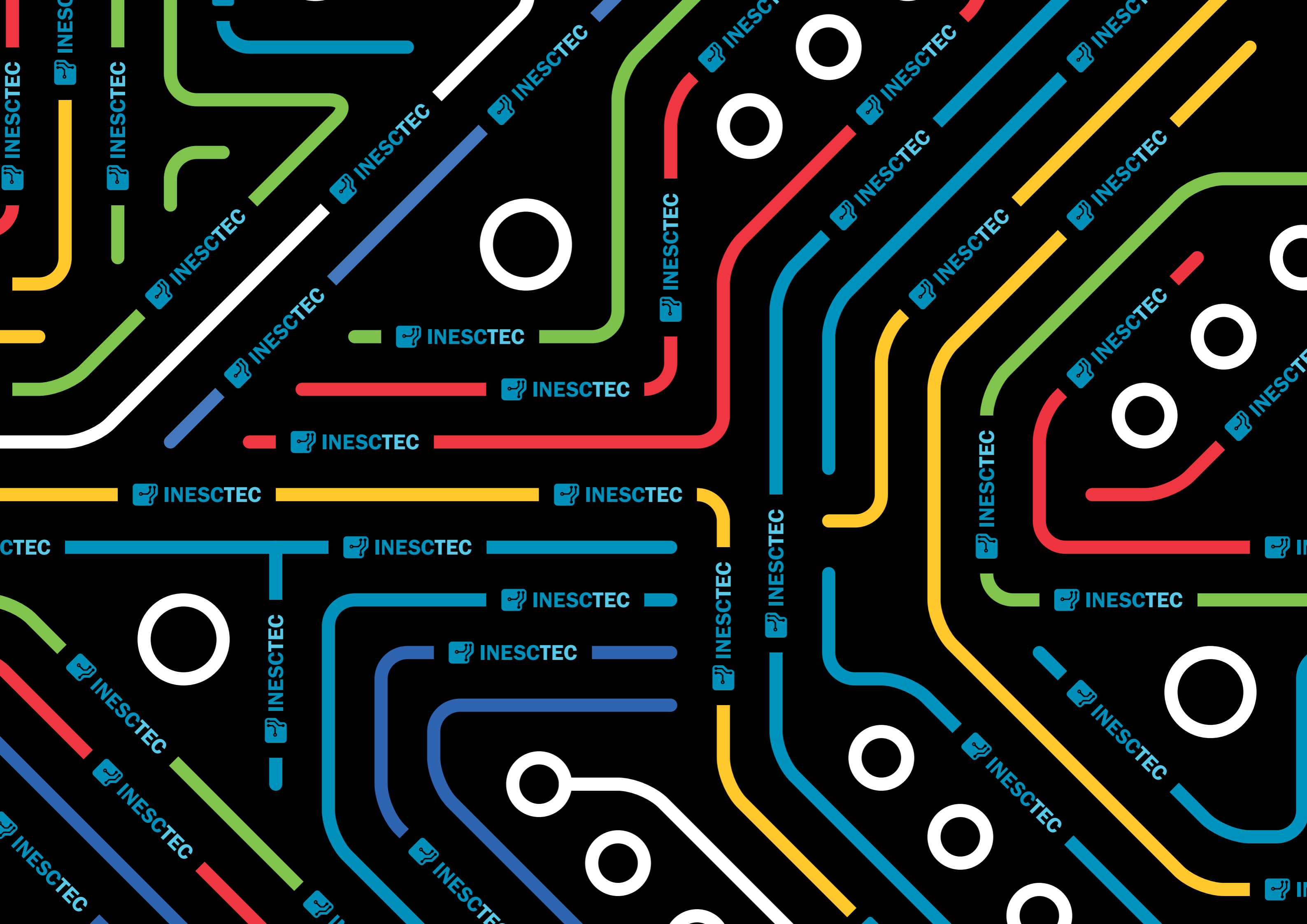
<sup>(1)</sup> COORDENADOR DA SÉRIE

<sup>(2)</sup> PROFESSOR EMÉRITO DA FEUP

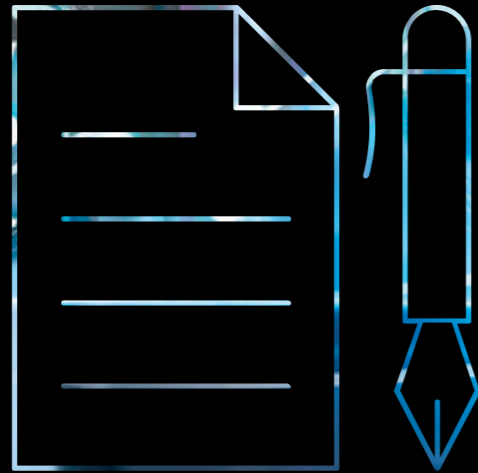
<sup>(3)</sup> DIRETOR ASSOCIADO DO INESC TEC

artur.p.alves@inesctec.pt








**Transformemos a indústria!**

É sobejamente reconhecido que a indústria, em particular a indústria transformadora, é fundamental para a Europa por proporcionar emprego direto e indireto a várias dezenas de milhão de pessoas, por gerar, de um modo geral, elevado valor acrescentado no que produz, por ser destino de uma grande fatia do investimento em investigação, desenvolvimento e inovação e por ser origem de mais de 80% das exportações da UE<sup>[1]</sup>. A partir de 2000, a Europa experimentou uma desindustrialização significativa, da qual resultou a diminuição da contribuição da indústria transformadora para o PIB europeu de 18,5% em 2000 para 15% em 2012, bem como a perda de 3,8 milhões de empregos entre 2008 e 2012 neste setor<sup>[2]</sup>.

Nos últimos anos, contudo, tem-se assistido a uma inversão do declínio da indústria transformadora da UE, com taxas de crescimento significativas no que diz respeito à participação da indústria no valor acrescentado total (mais 6% desde 2009); no emprego (mais de 1,5 milhão de novos empregos líquidos na indústria desde 2013) e na produtividade do trabalho (crescimento de 2,7% ao ano em média desde 2009)<sup>[2]</sup> (estes números referem-se ao final de 2017).

É imprescindível que a recuperação da indústria transformadora na Europa possa continuar. O relatório de abril de 2018 do *Independent High Level Group on Industrial Technologies, "Re – Finding Industry Defining Innovation"*, afirma claramente que a economia europeia perderá a sua competitividade e não criará novos empregos sem uma base industrial forte e moderna, sustentada por novos conhecimentos e novas tecnologias e pela criação de start-ups e novas pequenas e médias empresas, a partir de uma nova abordagem da política pública de inovação. Esta deverá ser orientada à missão (as políticas públicas devem ser construídas em torno de missões que abarquem completamente as principais tecnologias facilitadoras



*Key Enabling Technologies* (KET) ) e abranger toda a cadeia de criação de valor, da investigação fundamental à investigação aplicada ao desenvolvimento de produtos e à criação de negócios. O relatório acima referido aponta ainda a necessidade de a Europa dever perseguir com firmeza a liderança tecnológica na indústria, sobretudo pelos seus efeitos positivos líquidos no mercado de trabalho. Para tal, exprime o mesmo relatório, a indústria europeia está confrontada com vários desafios.

Um primeiro desafio está relacionado com a velocidade de disseminação das tecnologias já desenvolvidas e das emergentes, quer procurando aumentar o número de novas empresas a entrar no mercado e de as ajudar a crescer, quer contribuindo para aumentar a produtividade em empresas já estabelecidas que enfrentam obstáculos para implementar novas tecnologias. O segundo desafio resulta do aumento da competição global, devendo a UE promover o desenvolvimento competitivo de cadeias de valor estratégicas que serão, provavelmente, a fonte de criação da maioria dos empregos futuros na indústria transformadora.

O terceiro desafio é consequência da atual corrida global por talento, fruto da mudança estrutural do mercado de

trabalho e da natureza do trabalho (muito em resultado da transformação digital em curso), o que obriga a UE a investir fortemente em educação e aquisição de competências de alto nível pela mão-de-obra europeia, de modo a aumentar a empregabilidade e a competitividade<sup>[3]</sup>. Para dar resposta aos desafios acima apontados, quer a EU quer os países que a integram têm vindo a definir novas políticas públicas, tendo como objetivo promover a reindustrialização. Como exemplo de política pública ao nível da UE, refira-se que o *“European Union Framework Programme for Research and Innovation 2021 – 2027 (Horizon Europe)”* dedica especial atenção à área da indústria, em particular através do seu Pilar II *“Global Challenges and European Industrial Competitiveness”*, com um cluster dedicado (*Digital, Industry and Space*) e outros dois clusters também relevantes (*Climate, Energy and Mobility; Food, Bioeconomy, Natural Resources; Agriculture and Environment*). Em Portugal, a questão da indústria transformadora assume uma importância maior do que na generalidade da EU, dada a profunda desindustrialização a que se assistiu no país à medida que a globalização progredia, mas também por o país estar menos bem preparado para levar a cabo a recuperação,

nomeadamente pela insuficiente qualificação dos recursos humanos, pelo baixo valor acrescentado da generalidade do que produz, pelo insuficiente investimento realizado, em particular no domínio da investigação e inovação, tudo com reflexos negativos no valor da produtividade.

Torna-se, pois, necessário repor o nível de industrialização do país em valores semelhantes aos, pelo menos, da média dos países da UE, apostando-se numa indústria de alto valor acrescentado, resiliente e sustentável, dando assim também resposta às políticas públicas que têm vindo a ser desenvolvidas pela UE. Em Portugal têm vindo a ser adotadas políticas públicas que apresentam como um dos seus objetivos principais a transformação do nosso tecido industrial na direção do que se referiu anteriormente, destacando-se: Estratégia Portugal 2030; Programa de Recuperação e Resiliência; Programa de Estabilização Económica e Social; Iniciativa Indústria 4.0; Estratégia Nacional para a Digitalização da Economia; Plano de Ação para a Transição Digital. O INESC TEC, desde a sua constituição, tem elegido a indústria transformadora como uma das áreas principais da sua atividade de investigação, desenvolvimento e inovação, realizando

centenas de projetos de I&D e de transferência de tecnologia, a grande maioria com parceiros nacionais e internacionais de grande relevo, institucionais e empresariais. De vários desses projetos resultaram importantes contributos para a prossecução de políticas públicas dirigidas para o progresso da indústria. O diagrama das páginas 18 e 19 procura ilustrar a atividade do INESC TEC na área da indústria para que contribuem vários centros de investigação da instituição em múltiplas áreas de conhecimento, de que resultou a concretização de muitos projetos, em várias áreas de aplicação, com um grande número de parceiros nacionais e internacionais, através do envolvimento de um número significativo de investigadores, que também contribuíram para a criação de algumas empresas.

Apresenta-se neste número da Revista Science & Society um conjunto de artigos que procura dar a conhecer as competências do INESC TEC neste domínio, procurando demonstrar como elas podem contribuir para a execução de políticas públicas já definidas ou para o desenho de novas.

A abrir, apresenta-se um artigo de opinião que defende que a articulação entre políticas públicas e estratégias

empresariais nos domínios da Investigação, da Inovação e da Formação vai assumir uma importância crítica para a indústria portuguesa e europeia que, hoje, está confrontada com desafios novos e disruptivos.

A necessidade premente de a indústria portuguesa evoluir na cadeia de valor é abordada num artigo sobre o desenvolvimento e industrialização de produtos em indústrias de alto valor acrescentado. O artigo realça a importância de as empresas dominarem o desenvolvimento de produtos novos e inovadores, dando como exemplo a trajetória, reconhecidamente vencedora, da indústria portuguesa dos moldes. Seguem-se três artigos que abordam três conceitos fundamentais para o tema especial desta revista: Maturidade da empresa (no contexto da abrangência da sua Transformação Digital); Economia Circular; Servitização.

O artigo sobre a Maturidade aborda a sua avaliação por uma empresa, isto é, como conhecer e compreender bem o seu ponto de partida, nas diferentes dimensões da organização: recursos, processos, sistemas e tecnologias, organização e estratégia, cultura e

peças, produtos e serviços. O conceito de economia circular é explicado a partir dos seus princípios básicos e das suas implicações nos sistemas de produção e na investigação, onde deverá ser adotado como um novo paradigma. Por sua vez, a servitização é apresentada como um agrupamento de serviços e produtos, que permite a uma empresa fabricante diferenciar a sua oferta, reforçando a relação com o cliente, e criar novas fontes de receitas que sejam mais estáveis e resistentes aos ciclos económicos.

Um conjunto de tecnologias, que urge ser conhecido por quem pretenda que a sua empresa industrial possa acompanhar a autêntica revolução em curso, é apresentado nos cinco artigos seguintes. Começa-se pela caracterização da robótica colaborativa, que é descrita como a tecnologia chave para permitir a interação harmoniosa entre seres humanos e máquinas, interação esta que é considerada um dos pilares da Indústria 4.0. Segue-se uma abordagem à melhoria da qualidade da tomada de decisão através da utilização da análise de dados e da aprendizagem automática na elaboração de modelos analíticos mais apropriados. Um outro artigo

aborda as tecnologias imersivas que possibilitam ao ser humano aumentar as suas capacidades de intervir no ambiente industrial de forma mais eficaz e com menor sobrecarga cognitiva, prevenindo-se o surgimento de um ser humano aumentado, integrando-se de forma imersiva nos sistemas industriais, mais inteligentes e autónomos. Segue-se uma caracterização e exemplificação das plataformas IoT (*Internet of Things*), no contexto do desenvolvimento de soluções em torno da produção inteligente, manutenção preditiva e otimização de sistemas produtivos, entre outros. Este conjunto de artigos termina com a justificação da necessidade de se desenvolverem sistemas de produção inteligentes e conseqüentemente a evolução para a Empresa Inteligente, isto é, empresas que aplicam tecnologias avançadas e melhores práticas em processos de negócios ágeis e integrados, tornando-se mais resilientes, rentáveis e sustentáveis.

A permanente qualificação dos recursos humanos é um pressuposto essencial para se implementar e acompanhar a profunda transformação que se está a viver ao nível das empresas industriais.

O artigo sobre Fábrica de Aprendizagem apresenta os programas e infraestruturas que o INESC TEC disponibiliza para permitir experienciar para aprender num ambiente quase real, de facto, o princípio facilitador da compreensão e ação no contexto das fábricas do futuro.

Finalmente, apresenta-se uma breve "história" da evolução da indústria em Portugal, realçando-se as principais dificuldades que conduziram a algum atraso relativamente aos principais parceiros de Portugal e terminando com uma palavra de esperança quanto à evolução futura.

Apesar do contributo relevante que já deu no passado e que acima ficou bem exemplificado, o INESC TEC, estribado na qualidade dos seus recursos, na sua longa experiência no setor, nos resultados já alcançados e na sua responsabilidade social, continua deveras empenhado em reforçar a sua utilidade para o país, participando cada vez mais ativamente na transformação em curso da nossa indústria, quer influenciando novas políticas públicas que suportem e acelerem essa transformação, quer contribuindo para a concretização no terreno das mesmas.

[1] MANUFACTURE Vision 2030, <http://www.manufuture.org/strategic-research-agenda/vision-2030/>

[2] Direção-Geral da Investigação e da Inovação da Comissão Europeia, 2018, Report "Re – Finding Industry Defining Innovation" of the Independent High Level Group on Industrial Technologies, <https://op.europa.eu/pt/publication-detail/-/publication/28e1c485-476a-11e8-be1d-01aa75ed71a1>

[3] World Manufacturing Forum 2019 Report – Skills for the Future of Manufacturing, <https://worldmanufacturing.org/report/report-2019/>

**JOSÉ CARLOS MARQUES DOS SANTOS** <sup>(1,2)</sup>

**AMÉRICO AZEVEDO** <sup>(1,2)</sup>

**ANA CRISTINA BARROS** <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> INESC TEC

<sup>(2)</sup> FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

[jose.marques.santos@inesctec.pt](mailto:jose.marques.santos@inesctec.pt)

[americo.azevedo@inesctec.pt](mailto:americo.azevedo@inesctec.pt)

[ana.c.barros@inesctec.pt](mailto:ana.c.barros@inesctec.pt)



## PARCEIROS

### CENTROS DE INVESTIGAÇÃO E INTERFACE



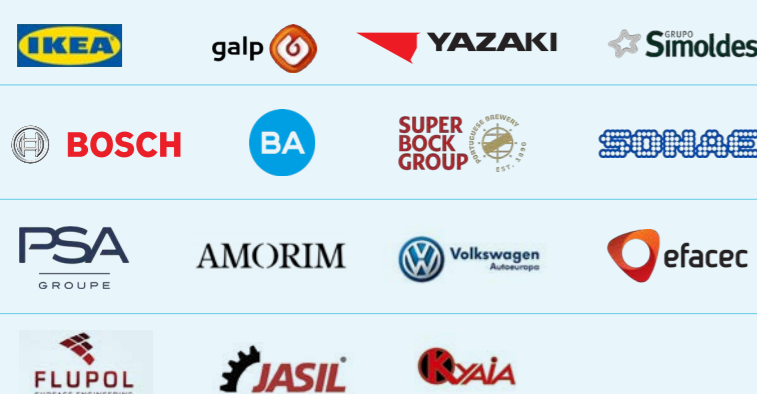
### ASSOCIAÇÕES



### EMPRESAS TECNOLÓGICAS



### EMPRESAS INDUSTRIAIS



## STARTUPS



# ATIVIDADE DO INESC TEC NA INDÚSTRIA

## ÁREAS DE CONHECIMENTO

SISTEMAS CIBERFÍSICOS	VISÃO COMPUTACIONAL	SISTEMAS DE CONTROLO E AUTOMAÇÃO INDUSTRIAIS	INTEROPERABILIDADE E PLATAFORMAS DIGITAIS
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	ROBÓTICA INDUSTRIAL	SIMULAÇÃO E DIGITAL TWIN	SISTEMAS DE SUPORTE À DECISÃO
REALIDADE AUMENTADA E VIRTUAL	INTERNET DAS COISAS INDUSTRIAL (IIoT)	CÍBER SEGURANÇA	GESTÃO DE OPERAÇÕES
GESTÃO DA INOVAÇÃO	GESTÃO DE CADEIAS DE ABASTECIMENTO		

## ÁREAS DE APLICAÇÃO

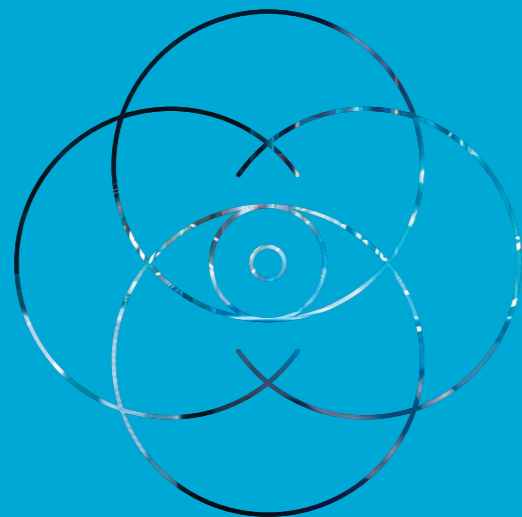
AUTOMÓVEL	FLORESTA E MADEIRA	MOLDES	RETALHO
TÊXTIL	MÁQUINAS E METAL	AEROSPAICIAL	BEBIDAS
CALÇADO	PETROLÍFERA	SISTEMAS AVANÇADOS DE PRODUÇÃO	CONSTRUÇÃO

## ESTATÍSTICA (2016-2019)

<b>+ 240</b> PUBLICAÇÕES	<b>2</b> PATENTES
<b>+ 190</b> PROJETOS COM CLIENTES INDUSTRIAIS	<b>10</b> REGISTO DE SOFTWARE
<b>+ 75</b> PARCEIROS PRIVADOS E ENTIDADES PÚBLICAS DE FINANCIAMENTO	<b>30M€</b> RECEITAS

## INFRAESTRUTURAS

<b>+ 300</b> INVESTIGADORES	<b>8</b> CENTROS DE INVESTIGAÇÃO
<b>IILAB</b> LABORATÓRIO DE INDÚSTRIA E INOVAÇÃO	<b>LABORATÓRIO MASSIVE</b>
<b>LET-in</b> LABORATÓRIO DE EMPRESAS TECNOLÓGICAS	



# INDÚSTRIA DE ALTO VALOR ACRESCENTADO, RESILIENTE E SUSTENTÁVEL

TEMA  
ESPECIAL



# POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A INDÚSTRIA

A política de desenvolvimento económico tem de ser entendida como uma ação consistente sobre os diferentes planos que permitem ou condicionam a potenciação da trajetória económica e social de uma determinada comunidade, tendo presente o património existente de valores, de instituições, de conhecimentos e de iniciativa individual.

**CARLOS COSTA** <sup>(1)</sup>  
**JOSÉ CARLOS CALDEIRA** <sup>(2,3)</sup>

<sup>(1)</sup> EX- VICE CHAIRMAN DO HIGH LEVEL GROUP MANUFUTURE

<sup>(2)</sup> INESC TEC

<sup>(3)</sup> MANUFUTURE

csc1949@me.com

jose.caldeira@inesctec.pt

O desenvolvimento económico é o resultado de uma iniciativa humana de produção de bens e serviços que respondem a uma procura latente ou que resulta da própria iniciativa de produção. Aparentemente tudo se resume a uma decisão de um agente social e à mobilização dos recursos humanos, financeiros e físicos que permitem a concretização da produção. De facto, trata-se de um processo muito mais complexo, sujeito a diferentes camadas de determinação ou de causalidade cujo entendimento é decisivo para compreender a diferente distribuição da atividade económica no território de um país – as chamadas assimetrias regionais – bem como o desigual desenvolvimento económico dos países, e a sua trajetória passada e as suas potencialidades futuras. Este é um processo que não é determinístico ou fatalista – não há trajetórias predeterminadas – mas que tem uma densidade e uma inércia que necessita de ser analisada de forma a induzir processos virtuosos de crescimento económico e de melhoria do bem-estar social.

Assim, e em primeiro lugar, importa situar a iniciativa individual de produção de bens e serviços no quadro social e institucional que inculca os valores e os padrões de afirmação social que comandam a ação individual. Um sistema de valores que premeia o mérito e a iniciativa e responsabiliza cada indivíduo pela sua trajetória de afirmação social tem tendência a favorecer a iniciativa e o gosto pelo risco. Do mesmo modo, um quadro institucional que favoreça a confiança interpessoal e inter-geracional tende a facilitar fórmulas de cooperação que são inerentes ao processo produtivo e indispensáveis para uma otimização da utilização de recursos, em particular da poupança e do trabalho. Depois, a iniciativa individual tem por base a mobilização de um património de conhecimentos gerais e específicos que a sociedade propicia, tanto através do processo de socialização de cada um dos seus membros, como através da ação do aparelho de educação e formação profissional e dos processos de difusão e aquisição de conhecimento tácito disponível nos diferentes grupos sociais e profissionais.

O que significa que a política de desenvolvimento económico tem de ser entendida como uma ação consistente sobre os diferentes planos que permitem ou condicionam a potenciação da trajetória económica e social de uma determinada comunidade, tendo presente o património existente de valores, de instituições, de conhecimentos e de iniciativa individual. Isto é, uma política de desenvolvimento pressupõe:

- ➔ **um conhecimento profundo das determinantes antropológicas, sociais, institucionais e, por outro lado, uma avaliação dos níveis de educação e de conhecimentos formais e tácitos que trouxeram uma dada comunidade ao ponto onde se encontra no momento da decisão política;**
  - ➔ **um plano de alteração desta conjugação de circunstâncias, reconhecendo que têm graus diferenciados de inércia – do mais profundo ou estrutural para o mais circunstancial – e diferentes tempos de resposta, plano esse que terá de ser realista, isto é exequível, quanto ao tempo e modo de indução das transformações pretendidas;**
  - ➔ **e um quadro de estímulos ou incentivos consistentes entre si e capazes de induzir os comportamentos e as iniciativas individuais, dado que serão estas que vão assegurar a apropriação das transformações pela comunidade em causa.**
- Assim, dependendo a trajetória de desenvolvimento da interação de placas sobrepostas de fatores determinantes da dinâmica económica e social, a política social, institucional e económica tem que definir, depois de análise cuidada,
- ➔ **objetivos de transformação que tenham em consideração a inércia, as resistências e os tempos de resposta de cada uma daquelas placas;**
  - ➔ **e a oferta de bens públicos, que pela sua natureza têm que ser garantidos pela comunidade, relacionados ou necessários para a transformação pretendida.**

Uma das áreas críticas da dinâmica económica e social reside:

- **na natureza, na intensidade e na dinâmica do sistema nacional ou regional da inovação, isto é, a articulação entre a educação, a produção e difusão de novos conhecimentos e a formação profissional, por um lado;**
- **e, por outro, na capacidade de articulação do sistema produtivo com o sistema de inovação, tanto ao nível do conhecimento dos problemas que se colocam na esfera de produção de bens e serviços como de satisfação ou resposta a novas procuras de mercado ou societais, como ao nível da capacidade do sistema produtivo para absorver os bens públicos que disponibiliza o sistema de inovação.**

A natureza, a qualidade e o tempo de provisão dos bens públicos que são produzidos por um sistema de inovação constitui uma das pernas do processo de inovação económica e o cerne de uma política industrial moderna. Não se trata de resistir à mudança da envolvente, de defender os incumbentes ou de eleger os vencedores. Não se trata de congelar o que existe e proteger os interesses já cristalizados. Pelo contrário, trata-se de responder ao desafio da mudança tecnológica ou de mercado com a mudança das estruturas existentes, num processo descentralizado de apropriação dos bens públicos disponibilizados. Uma resposta que tem que estar focada ou finalizada em função das estruturas produtivas desafiadas e dos fatores de educação, investigação e desenvolvimento tecnológico e de formação que, num dado momento, determinam o sucesso da resposta.

A evolução do tecido produtivo nacional, particularmente dos setores industriais nas regiões Norte e Centro, constitui uma boa ilustração da importância da provisão de bens públicos ajustados ao estágio de desenvolvimento das unidades empresariais:

- **A criação, a partir dos anos 80 do século passado, de uma rede de Infraestruturas Tecnológicas, que englobava os designados Institutos de Novas Tecnologias (dos quais o INESC foi um dos beneficiários) e os Centros Tecnológicos (entidades de natureza setorial). Os últimos tiveram um papel fundamental no apoio à modernização e ao aumento da competitividade dos respetivos setores, particularmente das suas PME, em domínios que começaram por ser a qualidade ou a certificação e que atualmente se estendem à Investigação e Inovação. Complementarmente, os primeiros ajudaram a aproximar o conhecimento científico das empresas, desenvolvendo, adaptando, integrando**

**e disseminando-o, diretamente ou em estreita articulação com os Centros Tecnológicos, através de processos de transferência e valorização de tecnologias e de pessoas altamente qualificadas. O caso mais completo e publicitado é o do setor do Calçado, no qual o Centro Tecnológico do Calçado e o INESC TEC tiveram um papel muito relevante, mas importa destacar também o trabalho desenvolvido por entidades como o INEGI, o ISQ e o IPN ou os Centros Tecnológicos da Metalomecânica (CATIM), do Têxtil e Vestuários (CITEVE) e dos Moldes (CENTIMFE).**

- **Em 2008, a adoção de uma política de Clusters induziu diversas iniciativas em setores considerados estratégicos para a economia nacional. Foi possível desenvolver e implementar estratégias e planos de ação abrangentes e integrados, consolidando as redes de cooperação, alinhando os diversos investimentos e trabalhando no alargamento das cadeias de valor, nomeadamente através da cooperação intersectorial. Um bom exemplo do mérito destas abordagens integradoras é o PRODUTECH – Cluster das Tecnologias de Produção, que conseguiu reunir, em torno de uma agenda de desenvolvimento comum, os diversos subsectores da fileira com vários dos principais setores da indústria transformadora.**

- **Esta resposta da indústria nacional potenciou uma participação maior e mais qualificada nos programas e iniciativas europeias na área de Manufacturing, sendo exemplos disso o papel relevante desempenhado por Portugal na Plataforma Tecnológica MANUFUTURE, na EFFRA – European Factories of the Future Research Association e no EIT MANUFACTURING (KIC), assim como a taxa de retorno de cerca de 4% obtida pelas entidades nacionais (incluindo empresas, muitas delas PME) no programa de financiamento europeu associado à PPP Factories of the Future, muito acima da média nacional de cerca de 1,6% (fonte ANI, 2020).**

Foi esta acumulação de conhecimento, de tecnologias e de recursos humanos qualificados – resultado de políticas e de investimentos, públicos e privados, a nível nacional e europeu – conjugada com um sistema de interface diversificado, dinâmico e capaz de assegurar a cobertura do ciclo de inovação, e com um sistema de incentivos ao investimento, financeiros e fiscais, que, permitiu em 2011, a notável reação das empresas industriais tanto à contração da procura interna como aos efeitos da crise sobre os mercados e que possibilitou uma abordagem bem sucedida dos mercados globais, fazendo face a novos concorrentes. Isto é, são esses os fatores que se terá que ter presente quando se analisa:

- **O aumento das exportações em termos de PIB de 30,1%, em 2010, para 43,5%, em 2019 (mais 15,4 pontos percentuais);**

- **A subida de Portugal no ranking europeu da inovação ao passar a integrar o grupo dos Strong Innovators.**

O imperativo da articulação entre políticas públicas e estratégias empresariais nos domínios da Investigação, da Inovação e da Formação vai assumir uma importância crítica para a indústria portuguesa e europeia que, hoje, está confrontada com desafios novos e disruptivos, nomeadamente os referidos no documento “MANUFUTURE Vision 2030”<sup>[1]</sup>. A resposta a este novo enquadramento será tanto mais eficaz e mais eficiente quanto:

- **tiver presente e tirar partido da experiência acumulada e dos êxitos já obtidos da trajetória das últimas três décadas, por um lado,**
- **e assentar na fixação, por parte das diferentes partes envolvidas, de objetivos e de níveis e modelos de compromisso ambiciosos, mas consistentes com uma potenciação da capacidade de concretização latente.**



[1] MANUFUTURE Vision 2030, [http://www.manufuture.org/wp-content/uploads/Manufuture-Vision-2030\\_DIGITAL.pdf](http://www.manufuture.org/wp-content/uploads/Manufuture-Vision-2030_DIGITAL.pdf)



# O DESENVOLVIMENTO E INDUSTRIALIZAÇÃO DE PRODUTOS EM INDÚSTRIAS DE ALTO VALOR ACRESCENTADO

A importância de as empresas dominarem o desenvolvimento de produto, serem capazes de assegurar uma boa ligação com os seus Clientes e, através destes, com os Consumidores, integrando ambos no próprio processo de desenvolvimento do produto e na sua customização, resulta do facto de permitirem interessantes e positivas sinergias, dando-lhes maior notoriedade e posicionamento diferenciado no mercado.

**JOAQUIM MENEZES** <sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> IBEROMOLDES

<sup>(2)</sup> EFFRA – EUROPEAN FACTORIES OF THE FUTURE RESEARCH ASSOCIATION

j.menezes@iberomoldes.pt

Empresas há que constituíram uma oferta de competências integradas, de alavancagem de ideias inovadoras, que vai desde o *design*, a engenharia e desenvolvimento de produtos, e que incluem nessa oferta: a prototipagem, os moldes e ferramentas diversas de apoio à produção, e a própria produção, montagem e aplicação de sofisticadas técnicas de decoração, para componentes técnicos em plástico. São muito poucos os produtos que exigem vários moldes iguais ao longo da sua vida. Neste domínio, apenas produtos de alto consumo, nomeadamente laboratoriais e de apoio na medicina (tratamento hospitalar e de diagnóstico) ou na eletrónica, são exemplos de altíssima produção, de muitos milhões de componentes, em que o uso de vários moldes se impõe pela obrigatoriedade de responder às necessidades de consumo e uso diário em todo o mundo.

Ao longo dos últimos 75 anos, os dois centros de produção de moldes para injeção de polímeros e ligas leves, na Marinha Grande e em Oliveira de Azeméis, souberam desenvolver notoriedade mundial nesta indústria marcada pela produção unitária.

Cada molde tem uma "vida" mais longa que o produto que produz!

Pelas suas características muito particulares, de quasi artesanato industrial, esta indústria vive de uma permanente monitorização competitiva, atualização e adoção de tecnologias emergentes. É uma indústria de procura permanente de conhecimento, competitividade e produtividade, em que as empresas se confrontam com a sua afirmação e posicionamento a nível global. Em Portugal, a dependência das empresas da exportação dos seus produtos é superior a 90%. A concorrência é global e a complexidade desta indústria é grande, cada vez maior, face à utilização de sofisticadas tecnologias e processos, que a inovação de produtos que utilizam polímeros – o vulgo plástico - exigem, aproveitando o desenvolvimento de funcionalidades que estes materiais têm vindo a ter nas últimas três décadas. A importância de as empresas dominarem o desenvolvimento de produto, serem capazes de assegurar uma boa ligação com os seus Clientes e através destes com os Consumidores, integrando ambos no próprio processo de desenvolvimento do produto e na sua customização, resulta do facto de permitirem interessantes e positivas sinergias. Esta preocupação, acompanhada de possíveis

oportunidades estratégicas, têm permitido a muitas empresas desenvolver novas linhas de negócio, maior sustentabilidade, desenvolvimento e reconhecimento de competências, que lhes dão maior notoriedade e posicionamento diferenciado no mercado. Muitos são os casos em que, pelo facto das empresas dominarem o desenvolvimento de produto e serem capazes de assegurar uma boa ligação com os Clientes, isso lhes permite conseguir desenvolver parcerias estratégicas com os próprios Clientes e passarem a fazer parte integrante desse processo multiplicador em oportunidades.

O domínio do desenvolvimento de produto permite igualmente às empresas criar produtos novos e inovadores, que respondam às atuais exigências da Economia Circular, ou seja, que sejam concebidos e produzidos minimizando o consumo de materiais, integrando materiais reciclados ou alternativas "amigas do ambiente", pensando na sua durabilidade e reciclagem e também contemplando os próprios processos de produção, compatibilizando-os com o objetivo de redução da respetiva pegada de carbono.

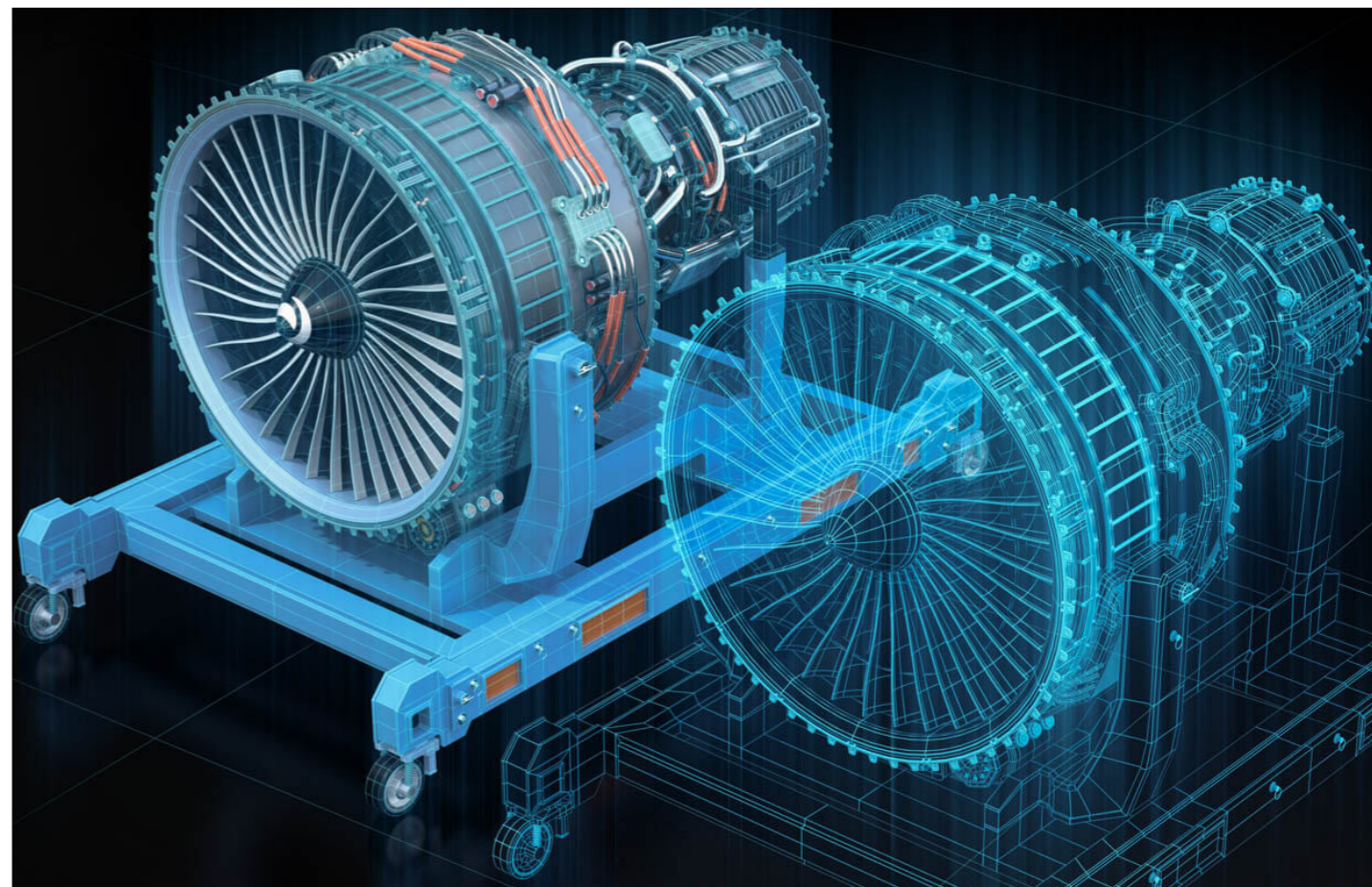
Frequentemente refiro que a indústria de Moldes é uma indústria de futuro, com futuro. É uma indústria de aprendizagem contínua, desde o projeto e engenharia até à sua montagem e utilização, passando pelos exigentes processos de maquinação dos seus componentes, em que a utilização de tecnologias avançadas de produção, nomeadamente a produção aditiva em metais, é já hoje habitual, particularmente em moldes de elevada cadência de produção e rendimento. Portugal transformou-se numa referência para os clientes e interpares, ocupando hoje a terceira posição ao nível dos maiores produtores europeus, constituindo-se como um cluster industrial estruturante, consonante com a desejada captação de Investimento Direto Estrangeiro (IDE), pela singularidade, níveis de exigência, modernidade e valências diferenciadoras que detém. O caminho percorrido pelo cluster de moldes português (*Engineering & Tooling Cluster*) na área da digitalização remonta ao início da década de 80 do século passado. Na Europa, as empresas portuguesas de moldes foram as primeiras a entender a importância da computorização no chão-de-fábrica (CAD/CAM/CAE) e para o co-desenvolvimento (engenharia simultânea) de novos projetos, com a sua clientela multinacional e



em mercados líder, para os mais variados e distintivos produtos, dirigidos a setores proeminentes, como o automóvel, eletrodomésticos, embalagem, dispositivos médicos e hospitalares, etc.

Fruto dessa visão pioneira, o cluster de moldes tem vindo a reforçar o seu envolvimento na área de co-desenvolvimento de produtos com os seus clientes, sendo de grande impacto os investimentos constantes que as empresas têm feito nas várias cadeias de valor em que estão inseridas.

Fruto da necessidade de descobrir novas oportunidades e mercados, para a plena utilização das competências e dos fortes investimentos em tecnologia de produção avançada, o cluster tem devotado grande atenção às possibilidades de penetração em outros setores de excelência, como são os casos da aeronáutica, espaço e defesa. São conhecidos projetos de inovação relevantes nestas áreas, ganhadores de prémios de referência internacional. Nestes domínios, a produção unitária, característica desta indústria, ainda se torna mais evidente e torna mais difícil a interação das empresas com estes mercados restritos, de grupos altamente especializados e normalmente organizados em clubes de fornecedores estáveis.



Podemos dizer que existem competências, talentos e saberes neste *cluster* - na generalidade em Portugal - que podem e devem ser equacionados para os novos caminhos a trilhar no desenvolvimento do País neste próximo futuro. Padecemos de um mal crónico: não nos conhecemos o suficiente e não reconhecemos o nosso potencial... o mercado nacional é pequeno, não potencia nem impulsiona as competências e capacidades das empresas nacionais e dos múltiplos centros de saber existentes. Muito se tem vindo a fazer, mas não é suficiente.

Portugal é sobretudo conhecido internacionalmente pelas suas competências e capacidades ao nível da produção e dos respetivos processos. Mantendo sempre essa vantagem competitiva e excelência ao nível dos processos produtivos, é necessário desenvolver

igualmente a área do desenvolvimento de produtos e respetivos serviços de suporte, visando um domínio mais alargado das cadeias de valor e a geração de mais valor económico e impacto social. A existência de uma indústria de moldes, forte e dinâmica em Portugal, é um fator decisivo nessa aposta transformacional da nossa economia, permitindo o estabelecimento de parcerias estratégicas com muitos e diversos setores da indústria nacional.

As novas oportunidades que venham a ser geradas e desenvolvidas ao abrigo do Programa de Recuperação Económica de Portugal 2020-2030 são uma esperança próxima, para que as empresas, competências e o saber-fazer português, tenham uma oportunidade efetiva e sejam ouvidos para o necessário relançamento da economia.



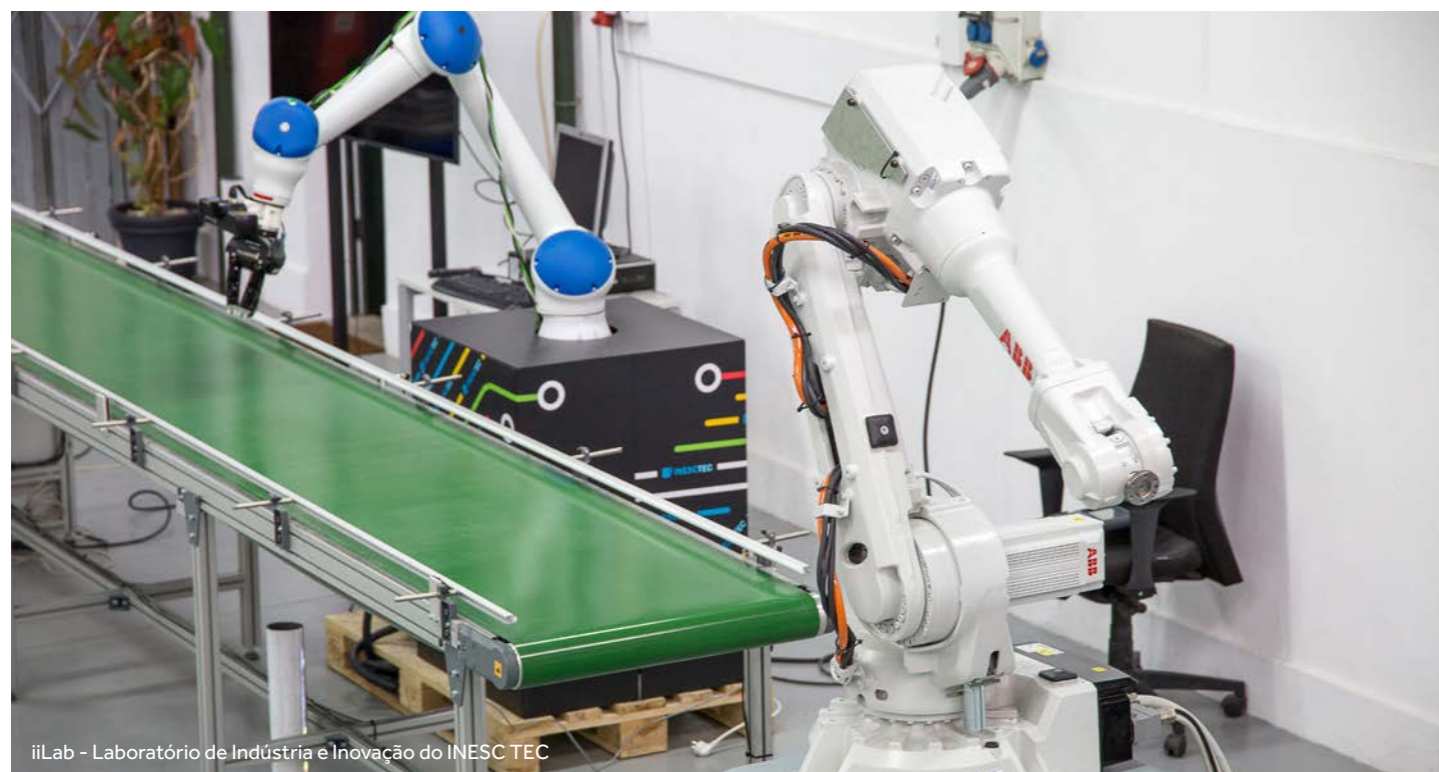
# PONTO DE PARTIDA: MATURIDADE!

No princípio era a Maturidade, e a Maturidade estava com a Indústria e a Maturidade era a Indústria!

**AMÉRICO AZEVEDO** <sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> INESC TEC;

<sup>(2)</sup> FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO  
americo.azevedo@inesctec.pt



iiLab - Laboratório de Indústria e Inovação do INESC TEC

A indústria, representando mais de 20% da economia da UE, empregando diretamente cerca de 35 milhões de pessoas e assegurando mais de 80% das exportações de mercadorias, é fundamental para o progresso e a prosperidade futuros. As pequenas e médias empresas representam mais de 99% de todas as empresas europeias – distribuição semelhante em Portugal, onde a grande maioria são empresas familiares — e são a nossa espinha dorsal económica e social.

Apesar de a indústria europeia ainda apresentar vantagem competitiva em inúmeros produtos e serviços de elevado valor acrescentado, está a ser alvo de uma importante transformação em direção a uma indústria mais ecológica e mais digital, no sentido de garantir, à escala mundial, a sustentabilidade futura da sua competitividade.

A digitalização e as tecnologias digitais que se lhe encontram associadas estão a transformar o rosto da indústria assim como a forma como se cria, entrega e captura valor. A digitalização potencia o aparecimento de novos modelos de negócio, permite que a indústria seja mais eficiente, proporciona aos trabalhadores novas competências e apoia a descarbonização da economia ao proporcionar uma fonte de soluções tecnológicas limpas e, dessa forma, contribuir ativamente para o Pacto Ecológico Europeu.

O atual ambiente competitivo geral e específico a que estão sujeitas as indústrias tradicionais e as novas indústrias, tendo por pano de fundo um período de incerteza económica mundial no horizonte, coloca desafios significativos, em particular, à indústria nacional quando esta se quer lançar no processo de evolução ecológica e digital.

A oportunidade existe: criar e entregar propostas de valor diferenciadoras e operar, com eficácia, de forma mais eficiente. Ou seja, a oportunidade de ser mais competitivo e de forma sustentável – o desiderato a que as empresas portuguesas não podem ficar alheias. A oportunidade existe e existem também barreiras e riscos. Barreiras e riscos de origem interna e externa. O desconhecimento ou a falta de confiança em torno do potencial e do benefício, ou a sobreavaliação empírica do custo e esforço necessários, com o consequente entendimento de não valer a pena ou de “não ser para nós”, posiciona inevitavelmente a empresa num quadrante caracterizado por um comportamento essencialmente retardado e por isso reativo.

De facto, reconhecem-se barreiras, contudo, não serão intransponíveis. No entanto, parece-nos oportuno lembrar o reconhecido axioma de que transformar ou evoluir pressupõe mudar. E mudar poderá necessariamente abranger diferentes dimensões. A estruturação organizacional pode evoluir, os recursos podem ser readaptados, a forma como transformamos e geramos valor pode ser redesenhada, as competências que queremos assegurar podem ser enriquecidas. Temos, pois, desafios significativos. A começar na cultura organizacional e no grau de preparação da organização como um todo.

Quando a indústria se confronta com o desafio da sua transformação / evolução ecológica e digital, confronta-se também com uma visão de como ela será no futuro. Os benefícios decorrentes da operacionalização desta visão variam de indústria para indústria e de empresa para empresa! Para que as empresas possam explorar todo o potencial que lhes possa ser possível desenvolver, é importante que adotem um roteiro que guie, de forma alinhada, o processo de transformação / evolução. Sendo verdade que uma grande parte das empresas encara a digitalização como uma oportunidade inexorável, também não é menos verdade que a maioria, ancorada na incerteza e num défice de compreensão, ainda não tem devidamente estruturado um plano de desenvolvimento, implementação e adoção das tecnologias digitais que, potencialmente, desempenharão um papel relevante na sua indústria. A transformação / evolução em torno da digitalização não se reduz à adoção de tecnologias! Na verdade, as iniciativas de digitalização da indústria, pela abrangência, alcance e multidisciplinaridade envolvida e pelos desafios múltiplos de âmbito interno e externo, recomendam uma abordagem devidamente cuidada, criteriosa e estruturada. Uma consequência da falta de uma abordagem estruturada é a proliferação de iniciativas desconectadas, ou, de certa forma, da criação de um ambiente de “fragmentação digital”. Por isso, as iniciativas a desenvolver precisam de ser unificadas de forma a que a organização possa realizar todo o potencial inerente à sua visão digital.

Ultrapassar com sucesso os desafios de uma “transformação digital” obriga a que se tenha uma visão global pretendida para a organização, e que se compreenda bem a “situação atual” nomeadamente quanto às várias dimensões inerentes a essa “transformação”. Ter uma visão global e compreendida



por toda a organização significa considerar três pilares fundamentais, nomeadamente os relativos a: (i) modelo de negócio – como é que a empresa quer criar, entregar e capturar valor no futuro; (ii) processos internos – como é que a empresa quer desenvolver a sua atividade de trabalho e com que tecnologias e ferramentas; (iii) relação com o cliente – como quer gerir as necessidades e expectativas com o cliente ao longo do ciclo de vida do produto ou serviço que lhe entrega.

Uma abordagem estruturada à transformação é, por isso, fundamental. É, pois, relevante adotar e seguir uma metodologia que suporte toda a jornada inerente à Transformação Digital.

Por onde começar?

Para responder a esta questão, a pensar nas empresas portuguesas e capitalizando toda a sua experiência neste domínio, o INESC TEC desenvolveu uma metodologia de Transformação Digital que compreende quatro passos principais.

O primeiro passo é conhecer e compreender o ponto de partida. Referenciamos este passo como a avaliação da Maturidade da empresa no contexto da abrangência da sua Transformação Digital.

Avaliar a Maturidade significa conhecer e compreender bem o ponto de partida, nas diferentes dimensões da organização: recursos, processos, sistemas e tecnologias, organização e estratégia, cultura e pessoas, produtos e serviços. Cada dimensão é estruturada num conjunto de vetores de avaliação que tem em conta vários requisitos orientados a cada vetor de análise.

Após avaliar o conjunto de vetores subjacentes a uma determinada dimensão é calculado o respetivo nível de Maturidade. A quantificação do nível global da Maturidade da organização é obtida através da média ponderada das maturidades de cada uma das dimensões consideradas.

Um segundo passo importante é a definição, comunicação e adoção de uma Visão de digitalização

da empresa, alinhada com a sua estratégia global. Nesta Visão devem ser consideradas as diferentes dimensões referenciadas no passo anterior.

O passo seguinte foca-se no planeamento da implementação das ações que conduzam à evolução desejada. Assim, tendo por base a visão definida anteriormente, este passo compreende a identificação de prioridades, a definição de metas a atingir e a identificação de provas de conceito a desenvolver, a implementar e a validar. Daqui resultam diversos planos de ação que possam promover o avanço do nível de Maturidade nas várias dimensões previamente consideradas. Este conjunto de planos de ação podem ser vistos como o detalhe de um Roteiro global.

A execução é o passo seguinte. Entende-se a execução como a operacionalização do plano de transformação delineado. Calendarizam-se tarefas e resultados, são definidos indicadores chave para avaliar impacto, são identificadas estratégias e parcerias de apoio à implementação, são identificados riscos, são calculados orçamentos e são alocados recursos.

O final da execução conduz-nos a um novo ponto de partida. A empresa está pronta para uma nova iteração! Pronta para uma nova avaliação da Maturidade com a aferição do nível de progressão conseguido. Com maior Maturidade, a empresa estará também, por certo, mais competitiva. É esse o seu novo ponto de partida para a obtenção de um nível de Maturidade superior.

A reconstrução da economia nos próximos anos, num contexto de elevada incerteza, recomenda um conjunto de políticas públicas que revitalizem a criação sustentável do capital social, e dessa forma se promova a produtividade, a inovação e consequentemente a competitividade nas organizações, em especial nas PME. A obrigatoriedade de um exercício recorrente de avaliação de maturidade deveria ser um dos elementos de base nos próximos programas de desenvolvimento e transformação da indústria portuguesa.



Figura 1 - Passos para a avaliação da maturidade i4.0 e roadmap tecnológico



# ECONOMIA CIRCULAR: INVESTIGAR E INOVAR PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL

A expressão “economia circular” entrou nos nossos ouvidos e tornou-se indelével na nossa vida profissional, familiar, cidadã. Contudo, talvez o conceito e suas implicações não tenha ainda sido completamente interiorizado. Além dos princípios básicos, precisamos de compreender melhor as implicações do conceito nos sistemas de produção e na investigação, onde deverá ser adotado como um novo paradigma.

**ANTÓNIO LUCAS SOARES** <sup>(1,2)</sup>

**ANTÓNIO BAPTISTA** <sup>(3,4)</sup>

<sup>(1)</sup> INESC TEC

<sup>(2)</sup> FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

<sup>(3)</sup> INEGI – INSTITUTO DE CIÊNCIA E INOVAÇÃO EM ENGENHARIA  
MECÂNICA E ENGENHARIA INDUSTRIAL

<sup>(4)</sup> LAETA – LABORATÓRIO ASSOCIADO DE ENERGIA,

TRANSPORTES E AERONÁUTICA

antonio.l.soares@inesctec.pt

abaptista@inegi.up.pt

Imagine-se na hora de substituir a sua máquina de lavar roupa. Depois de uma primeira seleção feita online, desloca-se a uma loja que tem as máquinas que pré-selecionou expostas. Está na fase final da decisão. Abre a aplicação “Sustentabilidade” no seu telemóvel e aponta a câmara para uma delas. A aplicação reconhece o modelo e apresenta-lhe informação que personalizou como importante na aquisição de um eletrodoméstico, incluindo, entre outras: informação sobre eficiência energética (custos médios de consumo de eletricidade e água), tempo médio de vida esperado para os componentes principais e respetiva probabilidade de substituição no fim desse período, comparação dos serviços de recolha da máquina antiga em termos de incentivos recebidos ou ainda a redução dos materiais de embalagem e transporte. A aplicação acrescenta também informação comparativa, da pontuação global da marca e respetivos modelos, relativa à Pegada Ambiental do Produto (através de modelos LCA - “Life cycle analysis”) e sua avaliação social do ciclo de vida (social-LCA). Com base nesta informação, irá decidir qual a sua próxima máquina de lavar roupa, com a satisfação de poder decidir não só com base em critérios económicos individuais, mas também levando em conta aspetos de sustentabilidade ambientais e sociais.

## O que é a economia circular?

Neste contexto de produtos cada vez mais digitalizados, somos levados a imaginar, tal como no cenário acima descrito, um mundo onde, enquanto consumidores, temos o poder de participar ativamente e positivamente na gestão do ciclo de vida de produtos que compramos, originando assim um menor impacto ambiental no planeta e promovendo uma maior sustentabilidade. É possível desta forma criar um ciclo virtuoso em que organizações (empresas, entidades públicas, organizações não governamentais, associações, etc.) podem colaborar e ter o auxílio decisivo dos consumidores informados, que, fruto da sua consciencialização para a Economia Circular, passam

a modelar os seus comportamentos e decisões de forma devidamente informada. Mas o que significa então “Economia Circular”? Uma das organizações não governamentais internacionais, que tem trabalhado ativamente e com grande visibilidade para o fomento de um mundo assente em princípios de Economia Circular, é a Fundação Ellen MacArthur<sup>(1)</sup>, que define Economia Circular como “Uma nova forma de conceber, desenvolver e utilizar bens e serviços, respeitando as limitações do planeta. Envolve dissociar a atividade económica do consumo de recursos finitos, e eliminar resíduos do sistema por princípio. Deve ser baseada numa transição para fontes de energia renovável, de modo económico, natural e social.” São definidos três princípios fundamentais: eliminar resíduos e poluição desde a origem, manter produtos e materiais em utilização, regenerar os sistemas naturais. A adesão dos produtos e respetivas atividades realizadas na sua produção a estes princípios, materializados na observância de normas, técnicas e boas práticas, definem a sua “circularidade”, isto é, a forma como contribuem para gerir o ciclo de vida do “berço-ao-berço” (evolução do termo usual na gestão “do berço-ao-túmulo”). Em virtude das políticas internacionais recentes, concertadas por dezenas de nações, a que se soma uma maior consciencialização dos cidadãos, o paradigma da Economia Circular ganha cada vez



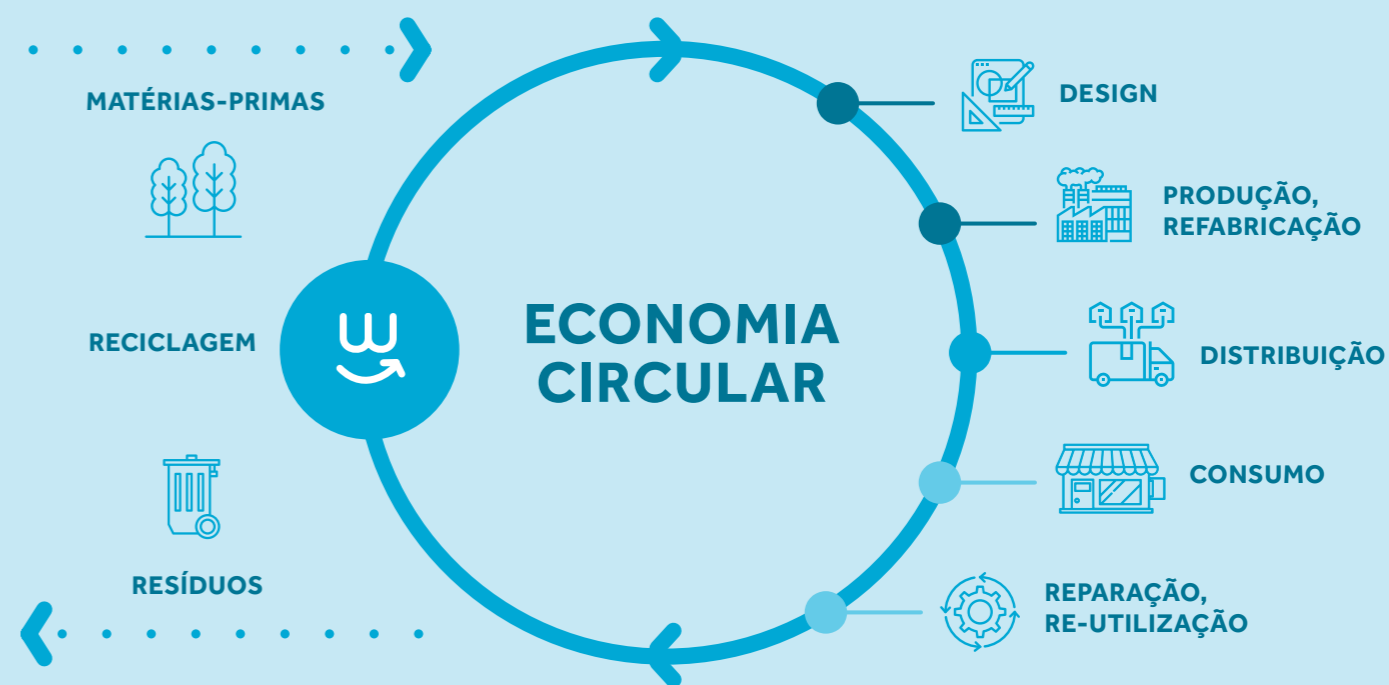
mais atenção e multiplicam-se as iniciativas por parte das organizações para acelerar a sua implementação. Novos termos e palavras estão a entrar gradualmente no vocabulário dos consumidores, como a “circularidade” de produtos e materiais, ou o fomento de fontes de energia renováveis (como por exemplo na energia elétrica fotovoltaica para autoconsumo). Caminhamos, desejavelmente com ritmo mais acelerado, para um futuro próximo em que um consumidor tem facilmente acesso a informação de “circularidade” de um dado produto através de um simples código QR, em que acede via o seu smartphone, para ter informação sobre quantidades, grau de reciclabilidade ou reutilização de matérias-primas, dados sobre a produção do produto, tempo de vida esperado, possibilidades de retrofitting ou upgrade. Esta facilidade será fundamental para futuras fases de utilização do produto, ou para uma melhor forma de gerir o seu fim-de-vida, por exemplo, para onde o encaminhar devidamente.

### Produção circular: o elo de ligação entre cadeias de valor

Os sistemas produtivos, empresas tecnológicas e empresas de tratamento e valorização de resíduos têm um papel chave para a transição, devendo atuar na direção de uma ampla descarbonização das suas atividades e da pegada de carbono dos novos produtos ao longo da(s) sua(s) fase(s) de uso. Um aspeto chave neste processo consiste em basear o design dos novos produtos em princípios de *Design Sustentável* (também conhecido por *EcoDesign*) e integrando as novas abordagens de Design para a Circularidade, provendo-se múltiplos ciclos de uso dos produtos, via upgrades facilitados, reconfigurações, recondiçionamentos e reparações simplificadas, ou mesmo reutilização de componentes. O *design* para a circularidade implica não só sistemas de produção concebidos com objetivos de minimização do consumo de materiais e de energia, mas também observando práticas de trabalho enriquecedoras e socialmente justas. As tecnologias de produção e informação emergentes são um fator fundamental na evolução para um modelo completamente circular. Por exemplo, a necessidade de se estabelecerem cadeias de valor interligadas, consolidadas numa “simbiose industrial” é complexa, exigindo sistemas de coordenação e informação avançados, recorrendo a tecnologias como a Internet das Coisas na vertente Industrial (“*Industrial Internet of Things*”, IIoT), Blockchain, Plataformas Digitais, técnicas de tratamento de grandes quantidades de dados e sistemas de informação seguros, confiáveis e distribuídos.

### A economia circular como paradigma para a I&D na área industrial

Para acelerar a implementação mais generalizada do paradigma de Economia Circular, uma alavanca clara centra-se na capacitação das empresas para a Investigação e Desenvolvimento (I&D), não só para o desenho de novos produtos e serviços baseados na circularidade, mas igualmente reformulando e redesenhando os seus sistemas de produção e, de forma mais abrangente, todo o ecossistema industrial. Desde a investigação em novos materiais sintéticos, substitutos de recursos não renováveis ou de materiais cuja produção é nociva em termos ambientais, até à investigação em novos modelos de negócio, a I&D na área industrial deverá reger-se pelo paradigma da circularidade, ambicionando muito mais do que contribuir para a sustentabilidade económica. Com efeito, há muitos produtos, como por exemplo do tipo mecatrónicos, têxteis, calçado, em que a fase do seu ciclo de vida associada à produção representa elevados impactos ambientais, seja por via dos materiais e processos utilizados, ou pela intensidade energética envolvida. É por isso fundamental que se investiguem e adotem estratégias de avaliação de ciclo de vida para os sistemas de produção e unidades fabris, medindo nomeadamente os seus impactos, pegada de carbono, pegada hídrica, em função dos seus produtos, e passando a gerir-se de forma articulada o design de um novo produto orientado para a circularidade de materiais e neutralidade carbónica, com o sistema de fabrico mais sustentável (económica, ambiental e socialmente). A abordagem multidisciplinar à investigação do INESC TEC, intersetando a engenharia e gestão industrial, a robótica, a inteligência artificial, os sistemas de informação e gestão de sistemas de energia, tem contribuído decisivamente para a inovação e a adoção do paradigma da economia circular. Um exemplo é a plataforma inovadora para a gestão do ciclo de vida de produtos (PLM), desenvolvida em colaboração com o INEGI no âmbito do projeto mobilizador Produtech\_SIF<sup>[2]</sup>.



[1] <http://www.ellenmacarthurfoundation.org>  
 [2] <http://mobilizadores.produtech.org/pt/sif>

# SERVITIZAÇÃO: UMA ESTRATÉGIA DE RESILIÊNCIA BASEADA EM SERVIÇOS PARA EMPRESAS

Qualquer fabricante, pequeno ou grande, pode servitizar. Embora a servitização não represente uma panaceia para os fabricantes, é um conceito com um valor potencial significativo, fornecendo novas vias para que os fabricantes possam subir na cadeia de valor, contribuindo, portanto, para a resiliência das empresas industriais.

**MIGUEL LEICHSENRING FRANCO** <sup>(1)</sup>

**BERNARDO ALMADA-LOBO** <sup>(2,3)</sup>

**RUI SOUCASAUX SOUSA** <sup>(4,5)</sup>

<sup>(1)</sup> SCHMITT-ELEVADORES, LDA

<sup>(2)</sup> INESC TEC

<sup>(3)</sup> FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

<sup>(4)</sup> CATÓLICA PORTO BUSINESS SCHOOL

<sup>(5)</sup> UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA

m.franco@schmitt-elevadores.com

almada.lob@fe.up.pt

rsousa@porto.ucp.pt

As empresas industriais em economias desenvolvidas enfrentam uma forte concorrência de empresas baseadas em países onde os custos de mão de obra são mais baixos. As primeiras tendem a focar-se em duas estratégias: a inovação de produto e a redução de custos. Estas estratégias estão associadas ao uso de novos materiais ou tecnologias, automação e máquinas de alta precisão, bem como a programas lean. Existe, no entanto, uma forma complementar que muitas vezes é esquecida: a criação de valor associando serviços aos produtos.

Através da integração de serviços e produtos, o fabricante pode diferenciar a sua oferta, reforçando o relacionamento com o cliente e, assim, criar novas fontes de receita mais estáveis e resilientes face aos ciclos económicos. Ao incluir serviços adicionais na sua oferta global, as empresas industriais podem criar novas oportunidades de crescimento em mercados maduros. Os fabricantes podem vender contratos de serviço plurianuais que, embora gerem à partida receitas menores do que as vendas de produtos, conduzem a fluxos regulares que podem suavizar o efeito de receitas irregulares decorrentes da venda dos produtos. Além disso, as combinações de produtos-serviços também parecem ser menos sensíveis à concorrência baseada no preço, proporcionando níveis de rentabilidade mais elevados quando comparados com a venda de produtos apenas.

De uma forma simples, servitização refere-se a empresas industriais que começam a incorporar serviços nos seus produtos, criando valor adicional para o cliente. Numa estratégia competitiva baseada em serviços, o fabricante pode seguir caminhos distintos. Uma opção é oferecer um conjunto de serviços relativamente convencionais (os chamados serviços básicos), como a inclusão de um período de garantia adicional, a venda de peças sobressalentes, manutenção preventiva, reparações ou modernização de equipamentos instalados, ou mesmo a sua monitorização remota. A outra opção, alicerçada nos serviços básicos, é a venda de serviços avançados, onde a empresa fabricante assume todas as atividades integradas nos processos internos do próprio cliente, através de contratos *pay-for-use* de longo prazo.

Existem muitos exemplos de fabricantes que servitizaram com sucesso. A Xerox, que fabrica impressoras e fotocopiadoras, foi uma das pioneiras na adoção da servitização. Em vez de vender apenas equipamentos, passou a oferecer uma solução completa de impressão aos seus clientes empresariais. Estes clientes pagam apenas por cada cópia realizada, sem a necessidade de adquirirem o equipamento (ou seja, não têm de o deter). De acordo com este modelo de



negócio, o fabricante realiza a monitorização remota da impressora e substitui o tonner sempre que necessário, sem qualquer intervenção do cliente. Em caso de mau funcionamento, a própria impressora envia um alarme para o sistema central e um técnico é enviado ao local, sem qualquer custo adicional para o cliente. Ao longo do contrato, e sem qualquer necessidade de investimento em hardware, o cliente paga uma mensalidade de acordo com as cópias realizadas (*pay-per-use*). O fabricante pretende fidelizar o seu cliente com um *cash-flow* previsível. Este forte relacionamento com o cliente também permite que o fabricante realize vendas cruzadas. Neste exemplo, o fabricante oferece uma solução de gestão de documentos, vendendo serviços avançados.

A Fricon fabrica e vende sistemas de refrigeração para produtos alimentares em supermercados e hipermercados. Se a Fricon vendesse apenas os equipamentos, ficaria dependente do ciclo de investimentos do setor de supermercados. Imagine agora que esse produtor instala um sistema de comunicação *machine-to-machine* (m2m) nos equipamentos que comercializa, permitindo uma monitorização remota. Sempre que a temperatura da arca congeladora exceda um certo limite, um sinal de alarme é enviado ao sistema de monitorização centralizado do fabricante. Um técnico será enviado imediatamente ao local para resolver o problema. Neste modelo de negócio, o fabricante vende um serviço adicional aos supermercados - monitorização remota

e manutenção corretiva, fidelizando o cliente com um contrato de serviço de longo prazo. De um modo geral, novas e mais estáveis fontes de receita são geradas por meio de serviços avançados.

A Hilti é um fabricante líder mundial de ferramentas elétricas para as indústrias de construção, manutenção de edifícios, energia e indústria transformadora, principalmente para o utilizador final profissional. Seguindo as necessidades do mercado, a Hilti deixou de vender ferramentas elétricas e passou a alugá-las no âmbito de um novo serviço. O serviço de gestão de frota permite que os clientes usem um conjunto definido de ferramentas por um período fixo de vários anos. O valor fixo mensal pago pelo cliente cobre todos os custos com ferramentas, incluindo a sua utilização, os custos de manutenção e reparação, e minimiza os tempos de paragem. Além disso, as ferramentas da frota são regularmente substituídas por novos modelos que atendem aos mais recentes padrões de segurança. A gestão de frota não está apenas a beneficiar os seus clientes, mas também permite que a Hilti coopere ainda mais de perto com seus clientes, criando assim barreiras à entrada de concorrentes, ao mesmo tempo que fornece serviços avançados.

A Caterpillar é um fabricante de equipamentos de construção e de sistemas de energia que fornece suporte vitalício a todos os seus equipamentos (condition monitoring). A Caterpillar alterou a sua estratégia de apenas fabricar e vender equipamentos para uma estratégia de leasing. A Caterpillar obtém

receitas por hora de operação do equipamento, o que inclui para o cliente todas as atividades de manutenção e reparação, garantindo também a disponibilidade do equipamento. As tecnologias de monitorização remota são utilizadas para rastrear o estado dos equipamentos e fazer previsões sobre os requisitos de serviço e suporte. Os dados em tempo real são usados para ajudar a otimizar o desempenho dos negócios do cliente, minimizando o tempo de inatividade do equipamento e os custos operacionais. Os clientes da Caterpillar solicitam atualmente parcerias de longo prazo (através de serviços avançados), passando o fabricante a assumir e a gerir o risco que anteriormente estava do lado do cliente.

Em conclusão, as empresas industriais de diferentes setores começam a perceber a importância estratégica do serviço para a obtenção de uma vantagem competitiva. As ofertas integradas de produto-serviço podem ser diferenciadoras, duradouras e mais fáceis de defender contra concorrentes com estruturas de custos mais leves, sendo uma estratégia consciente e explícita de diferenciação de mercado. Em última análise, poderá conduzir a uma vantagem competitiva mais forte. Do ponto de vista do fabricante, a servitização poderá levar a um aumento das receitas. Ao responder às solicitações dos clientes, os fabricantes podem impedir que os concorrentes conquistem espaço nos seus mercados. A servitização também pode levar a um aumento do número de clientes e a um crescimento das receitas com os clientes existentes, através de parcerias mais próximas e fortes, uma vez que um maior relacionamento com o cliente poderá gerar oportunidades para a prestação de novos serviços.

Na perspetiva do cliente, a servitização pode ajudar a reduzir os riscos e os custos de manutenção e operação, ou pelo menos torná-los mais previsíveis. Claramente, os clientes de empresas industriais servitizadas beneficiam de uma gestão aprimorada de ativos. Outra vantagem importante para os clientes é que os contratos servitizados permitem que eles se concentrem no seu negócio principal, melhorando a sua competitividade através de uma melhor qualidade de serviço prestada aos seus próprios clientes.

Qualquer fabricante, pequeno ou grande, pode servitizar. Embora a servitização não represente uma panaceia para os fabricantes, é um conceito com um valor potencial significativo, fornecendo novas vias para que os fabricantes possam subir na cadeia de valor e explorem atividades de negócio de maior valor, contribuindo, portanto, para a resiliência das empresas industriais.

Franco, Miguel L. (2020), "Servitization of manufacturing firms over time: An empirical investigation in the elevator industry". PhD thesis, 184 p., <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/128473/2/412036.pdf>

Sousa, R., da Silveira, G. (2020), "Advanced services and differentiation advantage: An empirical investigation". *International Journal of Operations & Production Management*, 40(9), 1561-1587.

Baines, T., Bigdeli, A., Sousa, R., Schroeder, A. (2020), "Framing the servitization transformation process: A model to understand and facilitate the servitization journey". *International Journal of Production Economics*, 221, 107463.





# COOPERAÇÃO HOMEM-MÁQUINA PARA UMA INDÚSTRIA RESILIENTE

O futuro da cooperação homem máquina requer interações cognitivas mais profundas, onde homem e máquina se ajustam e auxiliam para compor um sistema de produção eficiente e resiliente.

**GERMANO VEIGA** <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> INESC TEC

germano.veiga@inesctec.pt

A capacidade humana de cooperar com flexibilidade e em grande escala para obter objetivos inacessíveis é normalmente apontada como o fator mais importante no domínio humano sobre outras espécies. Como magnificamente descrito por Harari (2014)<sup>[1]</sup>, outros animais podem cooperar em grande escala, como formigas, ou com grande flexibilidade, como golfinhos ou chimpanzés nos seus círculos íntimos, mas nenhum pode fazê-lo com flexibilidade e escala como os humanos.

Foram definidos diferentes níveis de complexidade de cooperação, que evoluem de partilhar um objetivo comum para incluir a coordenação de tempo e espaço. Boesch (1985)<sup>[2]</sup> definiu a caça em cooperação como o nível mais alto de complexidade de cooperação na caça efetuada por chimpanzés, em que os chimpanzés partilham um objetivo (a presa), sincronizam o tempo e definem uma abordagem espacial do ataque. Para alcançar este comportamento cooperativo orientado para o futuro, existe a necessidade de partilhar modelos e representações, que permitam a cada agente da cooperação antecipar estados futuros de si, dos outros agentes e do meio ambiente.

A aspiração doméstica pode ser utilizada para explicar diferentes níveis de interação e a sua correlação com a autonomia das máquinas: o aspirador convencional, que não apresenta autonomia, e é portanto uma ferramenta; ao aspirador robótico simples, que realiza limpeza autónoma mas cega, sem nenhuma intervenção do utilizador descrita como ferramenta adaptativa; ao robô aspirador avançado, que permite a coordenação da tarefa com o humano em termos de espaço e tempo através da representação partilhada da casa com o humano (mapa) e uma interface homem-máquina avançada, descrita como um assistente cooperativo (Krüger, 2017)<sup>[3]</sup>.

Na indústria, a maior parte da cooperação está hoje em dia no nível da ferramenta adaptativa. Considere-se, por exemplo, uma célula robótica industrial: um robô executa uma tarefa pré-programada de forma autónoma em paralelo com uma tarefa realizada pelo operador humano, mas não são permitidos ajustes na estratégia de cooperação e não há uma representação partilhada da tarefa em execução.

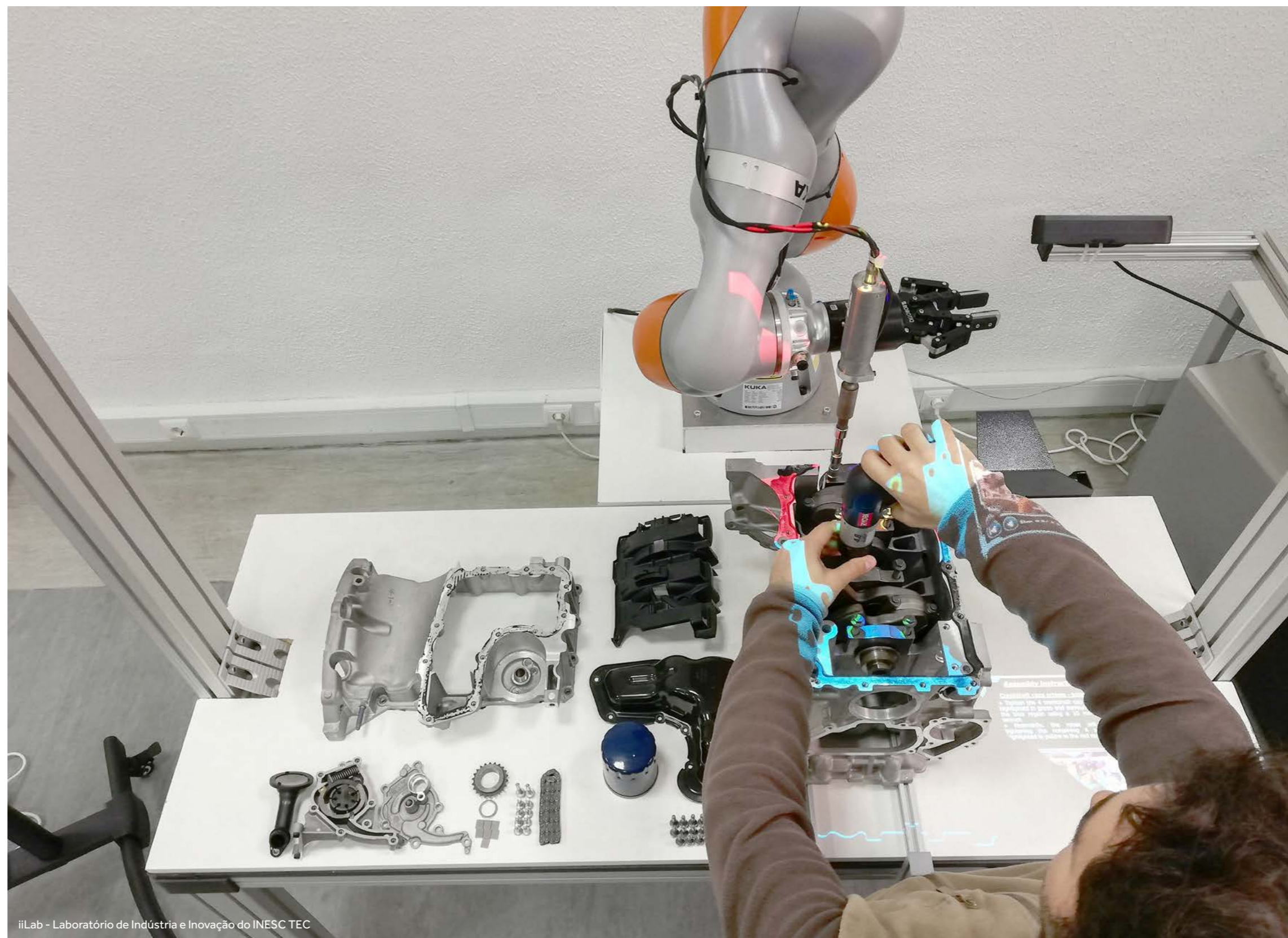
No contexto da Indústria 4.0, a robótica colaborativa é descrita como a tecnologia-chave para a interação entre humanos e máquinas. Essa suposição é uma das principais armadilhas da maioria das abordagens da indústria 4.0, conforme mostra o contraste entre o alvoroço em torno de robôs colaborativos e os números reais de vendas (menos de 5% do total de vendas de robôs em 2019, de acordo com a Federação Internacional de Robótica). Um elemento chave nesta análise é a definição de um robô colaborativo como aquele que permite uma operação segura em espaço partilhado com humanos.

Em perspetiva e considerando os níveis de cooperação definidos acima, os robôs colaborativos, per se, estão próximos de um chimpanzé que não faz mal ao outro chimpanzé, mas ainda há um longo caminho a percorrer para se chegar a uma cooperação efetiva.

A cooperação homem robô, às vezes chamada de cooperação cognitiva, exigirá não apenas robôs colaborativos (seguros), mas também desenvolvimentos significativos nos três principais pilares da interação homem-máquina: o robô, a interação e o humano. O robô deve evoluir para se tornar mais autónomo, nomeadamente através da integração mais profunda da perceção e da inteligência artificial. A interação deve evoluir da interação homem-máquina por meio de interfaces gráficas, para processos bidirecionais e intuitivos, usando, entre outros, realidade aumentada,



reconhecimento de fala, que permitam que o homem e a máquina partilhem representações do mundo e das tarefas. Finalmente, o humano, cujo papel deve ser central no desenvolvimento de sistemas cooperativos, requer formação técnica relevante para desenvolver uma cooperação mais profunda com máquinas complexas, no contexto de *learning factories* por exemplo. Um exemplo interessante que mostra o trabalho necessário nos pilares acima mencionados surgiu durante o desenvolvimento do projeto ScalABLE4.0, liderado pelo INESC TEC <sup>[4]</sup>. Num dos demonstradores do projeto, a equipa começou com dois robôs colaborativos (seguros) e evoluiu para um sistema de manufatura flexível, com a introdução de sensorização avançada e inteligência artificial verticalmente integrada (pilar do robô) e interfaces homem-máquina amigáveis (pilar da interação). No final do projeto, um operador e dois robôs conseguiram lidar com a saída de quatro máquinas de injeção de plástico de forma flexível: tarefas complexas são realizadas pelo operador e o restante é realizado pelos robôs e o sistema reajusta-se rapidamente a variações de produção. Porém, a flexibilidade do sistema conta ainda com uma equipa de suporte com algum conhecimento técnico, necessária para fazer a devida alocação dos robôs e para ajustar ou reprogramar os robôs e máquinas de injeção para diferentes cenários. Durante as discussões finais com a equipa da Simoldes Plásticos (o utilizador final), surgiu um vislumbre do futuro: um operador a orquestrar o seu próprio sistema de produção cooperativa, alocando e reprogramando robôs e máquinas para maximizar a produção em cenários de alta diversidade de produção. Para cumprir esta visão, um trabalho significativo tem (também) de ser realizado no pilar humano, com a capacitação do operador com as ferramentas adequadas para alcançar um sistema de produção cooperativo e eficaz. A resiliência na indústria sempre foi baseada na flexibilidade humana para superar os principais desafios, nomeadamente as limitações da automação industrial tradicional. Hoje em dia os desafios mudaram, com máquinas mais inteligentes e autónomas a exigirem interações mais profundas e cognitivas com seu parceiro humano.



iiLab - Laboratório de Indústria e Inovação do INESC TEC

[1] HARARI, Yuval Noah (2014). Sapiens: A brief history of humankind. Random House, ISBN-10 : 9780062316097

[2] Boesch, Christophe & Boesch, Hedwige. 1989. Hunting behavior of wild chimpanzees in the Tai National Park. American journal of physical anthropology 78, 4 (1989), 547–573.

[3] Krüger, Matti & Wiebel, Christiane & Wersing, Heiko. (2017). From Tools Towards Cooperative Assistants. HAI '17: Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Human Agent Interaction.

[4] <https://www.scalable40.eu/>



# DADOS E APRENDIZAGEM AUTOMÁTICA NA TOMADA DE DECISÃO

Todos os modelos são, por definição, incompletos e aproximados. Modelizar é extrair de uma realidade, que é sempre caótica e complexa, as características essenciais para o processo de tomada de decisão em causa, organizando, simplificando e criando sentido e propósito. Tal só é possível à custa de uma elevada dose de abstração e simplificação.

**PEDRO AMORIM** <sup>(1,2)</sup>  
**JOSÉ FERNANDO OLIVEIRA** <sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup>INESC TEC

<sup>(2)</sup>FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

pedro.amorim@inesctec.pt

jose.f.oliveira@inesctec.pt

No Verão de 2019, em Seattle, assistimos a uma palestra do Jeff Wilke, CEO global do negócio da Amazon de Consumer Business. O primeiro slide dessa apresentação estava repartido em dois. Do lado esquerdo constava o subtítulo “Decision Support” e mostrava um analista a analisar o resultado de um modelo matemático e, do lado direito, o subtítulo “Hands-Off Wheel” e exibia um analista a programar um modelo que tomava decisões de forma autónoma. Com o seguinte clique o Jeff Wilke colocou uma cruz do lado esquerdo e, simultaneamente, comentou que na Amazon a forma de tomar decisões deverá ser como a descrita do lado direito do slide – investindo o tempo necessário para que o modelo retrate da melhor forma possível a decisão a ser tomada, mas sem interferir no resultado final.

A tomada de decisão com apoio de modelos analíticos é, normalmente, descrita numa escala de três categorias principais (Figura 1). A primeira categoria – analítica descritiva – diz respeito a modelos que apoiem o entendimento de acontecimento passados. Por exemplo, ao analisar a campanha promocional de um retalhista, estes modelos podem identificar qual a eficácia e eficiência dessa atividade. Na segunda categoria – analítica preditiva – o objetivo passa a ser o de antecipar o impacto de determinada ação de negócio. Usando o mesmo exemplo, com estes modelos, o retalhista poderia prever as vendas de uma determinada campanha promocional. Por fim, na categoria de analítica prescritiva, os modelos matemáticos têm a responsabilidade de sugerir ações que são depois analisadas e refinadas pelos tomadores de decisão. Voltando ao caso do retalhista, estes modelos sugeririam a melhor parametrização da campanha promocional tendo em vista um determinado objetivo e restrições de negócio.

Esta última categoria de modelos analíticos – analítica prescritiva – traz, atualmente, muitos desafios ao nível da adoção por parte das organizações. Estes desafios têm na raiz o facto de os tomadores de decisão destas organizações não crerem ser possível codificar e melhorar o processo atual de tomada de decisão que utilizam. Esta posição de base faz com que os requisitos para a modelação não sejam totalmente mapeados e que a descrição matemática do problema fique demasiado aquém da realidade. Mesmo ultrapassando estes desafios iniciais, a mudança do processo de tomada de decisão é sempre desafiante e tem um cariz transformacional. Esta realidade torna necessário acompanhar o rigor técnico do desenvolvimento dos modelos de um sentido prático de mudança de mentalidades e hábitos.

Voltando à apresentação de Jeff Wilke, fica claro que a Amazon estendeu a escala dos modelos analíticos e trouxe para o topo a analítica autónoma. Esta categoria tem, na fundação, uma postura distinta em relação ao desenvolvimento e aplicação dos modelos de tomada de decisão. Sendo uma empresa nativamente digital, os colaboradores da Amazon nunca tomaram decisões de outra forma e isso facilita a ultrapassagem dos desafios elencados para a analítica prescritiva. Com a utilização intensiva desta categoria de modelos analíticos, a Amazon coloca um esforço substancial na etapa de desenvolvimento, usando sucessivas iterações. Assim, utilizando, novamente, o caso da definição das campanhas promocionais, a Amazon tentará determinar, recorrendo a múltiplas experiências, os perfis de elasticidade de preço dos diferentes segmentos de cliente e modelar exaustivamente as dinâmicas de negócio. Em utilização, estes modelos, como não têm intervenção humana a jusante, produzirão desvios sistemáticos que poderão ser continuamente analisados e refinados.

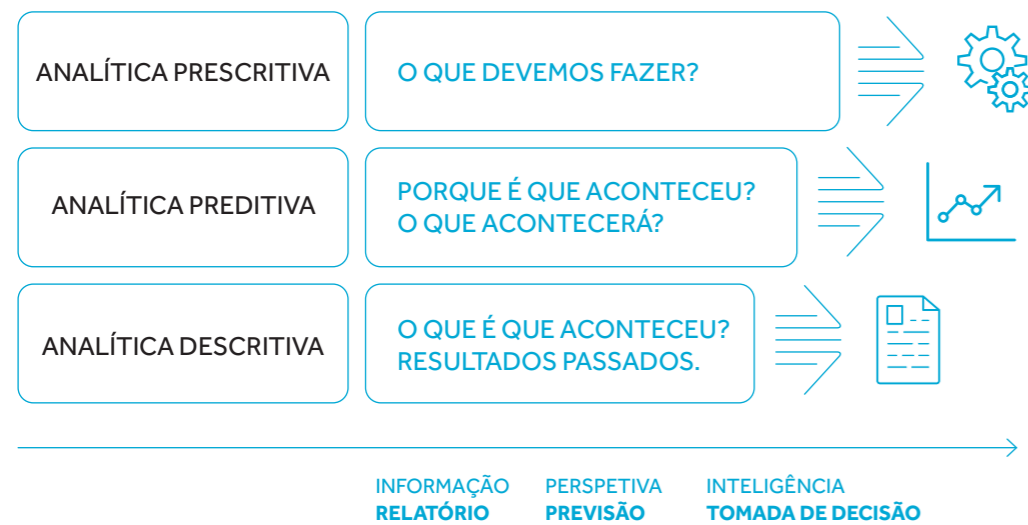


iiLab - Laboratório de Indústria e Inovação do INESC TEC

Todos os modelos são, por definição, incompletos e aproximados. Modelizar é extrair de uma realidade, sempre caótica e complexa, as características essenciais para o processo de tomada de decisão em causa, organizando, simplificando e criando sentido e propósito. Tal só é possível à custa de uma elevada dose de abstração e simplificação. De uma forma simples, e citando George Box<sup>[1]</sup>, todos os modelos estão errados, alguns são úteis. George Box deriva desta assunção duas importantes conclusões. A primeira é que, dado que todos os modelos estão errados, não é possível obter o modelo "correto" por excessiva elaboração. A segunda, que decorre da primeira, é que se temos de conviver com o erro, temos que estar particularmente atentos para os aspetos onde esse erro é importante e relevante. O que distingue os modelos da analítica prescritiva dos modelos da analítica autónoma é o foco da intervenção humana e, conseqüentemente, as fontes de subjetividade e erro. Assim, os modelos de analítica prescritiva carregam em si mesmos a subjetividade do analista que decidiu o que na realidade era relevante ou não para a qualidade das decisões a obter, incorporando com maior ou menor detalhe tais características no modelo. Se o modelo gera automaticamente propostas de decisões, fá-lo com base nas regras e objetivos modelados matematicamente pelo analista. A validação destes modelos é feita pela alimentação controlada de dados, que permita a verificação e validação dos resultados. Há, assim, uma enorme responsabilidade

ética por parte do analista na construção do modelo de analítica prescritiva. Os modelos de analítica automática procuram ser imunes à subjetividade do analista, construindo eles próprios as regras de decisão com base em enormes volumes de dados históricos, que permitem estabelecer correlações entre ações e conseqüências. Mas o "calcanhar de Aquiles" da analítica automática é exatamente que correlações não são relações causa-efeito. Como, por outro lado, estes modelos também simplificam os dados utilizados, selecionando as características com mais impacto nas correlações, também estão errados e podem produzir desvios sistemáticos significativos, como já afirmámos anteriormente. Assim, estes modelos requerem uma intervenção humana em busca destes desvios, que estará também evitada de subjetividade. Se o erro é inerente à utilização de modelos analíticos, automáticos ou não, também a subjetividade humana estará sempre presente, e, conseqüentemente, as considerações éticas. A discussão em torno da metodologia analítica mais permeável à (falta de) ética humana tem defensores dos dois lados da barricada, mas apenas será séria se mantivermos em mente que as decisões terão sempre de ser tomadas por mulheres e homens concretos, que informados pela ciência e tecnologia, não podem alienar a responsabilidade final da decisão. Ao fazê-lo, estaremos a desumanizar a nossa sociedade.

Figura 1 - Escala das três categorias principais de modelos analíticos



iiLab - Laboratório de Indústria e Inovação do INESC TEC

[1] Box, G. E. P. (1976), "Science and statistics", Journal of the American Statistical Association, 71 (356): 791-799, doi:10.1080/01621459.1976.10480949



# DOS MUNDOS VIRTUAIS AO SER HUMANO AUMENTADO

As tecnologias imersivas possibilitam ao ser humano aumentar as suas capacidades de intervir no ambiente industrial de forma mais eficaz e com menor sobrecarga cognitiva.

A indústria do futuro será, muito provavelmente, o palco do surgimento de um ser humano aumentado, integrando-se de forma imersiva nos sistemas industriais, mais inteligentes e autónomos.

**ANTÓNIO COELHO** <sup>(1,2)</sup>  
**AUGUSTO SOUSA** <sup>(1,2)</sup>  
**RUI RODRIGUES** <sup>(1,2)</sup>  
**FILIPA RAMALHO** <sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

<sup>(2)</sup> INESC TEC

antonio.coelho@inesctec.pt

augusto.sousa@inesctec.pt

rui.p.rodrigues@inesctec.pt

filipa.ramalho@inesctec.pt

Prevê-se que a indústria do futuro venha a sofrer uma revolução na forma como o ser humano interage com as máquinas, cada vez mais inteligentes. Nos próximos anos a indústria enfrenta o desafio de se ajustar e tirar partido de grandes vetores de mudança já bastante perceptíveis. Baseado em diversas tecnologias digitais, o mundo em que hoje vivemos é já altamente interconectado, com o ser humano, os sistemas inteligentes, as máquinas e os dispositivos a atuarem em conjunto, tentando evoluir para novas formas de inteligência coletiva. Com o desenvolvimento dos sistemas ciber-físicos, da internet das coisas (*IoT - Internet of Things*) e das redes de sensores, assistimos atualmente a uma maior interpenetração entre o mundo físico, real, e o mundo virtual. O ser humano encontra hoje ambientes e sistemas produtivos cada vez mais autónomos e inteligentes que envolvem uma enorme diversidade de tecnologias.

Esta tendência traz novos desafios, principalmente no que concerne à relação entre o ser humano e esses ambientes industriais, com uma quantidade crescente de dados e de informação disponíveis que têm que ser compreendidos, aumentando também a complexidade de gestão e de tomada de decisão. A revolução na forma como o ser humano interage com as máquinas traduz-se na resolução de vários desafios, dos quais se podem destacar os seguintes:

- **Transformação da força de trabalho, promovendo o desenvolvimento de novas competências no ser humano, que lhe permitam gerir o trabalho digitalmente com o suporte dos sistemas ciber-físicos;**
- **Desenvolvimento de sistemas industriais centrados no ser humano, permitindo uma maior atuação em todos os processos industriais e fornecendo-lhe recursos mais adequados para alargar a sua capacidade de decisão e de ação;**
- **Promoção de uma maior, mais eficiente e mais eficaz colaboração do ser humano com máquinas, sistemas e robôs inteligentes, permitindo também o aumento do valor acrescentado dos produtos e serviços finais.**

Face a estes desafios, a tecnologia dos sistemas imersivos tem vindo a desenvolver-se de forma a aumentar a capacidade de intervenção do ser humano neste novo ambiente de trabalho, através de tecnologias como a Realidade Virtual (*VR - Virtual Reality*) ou a Realidade Aumentada (*AR - Augmented Reality*).

O artigo seminal de Paul Milgram, publicado em 1994<sup>[1]</sup> mas ainda hoje atual, define um contínuo entre a Realidade e a Virtualidade, onde as soluções como a VR e a AR se mapeiam (figura 1). Estas representam, portanto, combinações diferentes de elementos reais e virtuais dentro do que Milgram refere como realidade mista (*MR - Mixed reality*) e que atualmente são englobados no conceito mais alargado de realidade estendida (*XR - eXtended Reality*).



Figura 1 - O Continuum Realidade - Virtualidade<sup>[1]</sup>

Do lado direito do contínuo realidade-virtualidade surgem os ambientes virtuais, onde o utilizador se encontra totalmente imerso num mundo que não se interliga com o contexto real em que se encontra o utilizador - sistemas imersivos. No ambiente virtual da figura 2, desenvolvido no âmbito de um projeto industrial do INESC TEC, observa-se uma situação de treino em que um técnico de manutenção pratica um procedimento. O utilizador está completamente isolado do mundo real pelo equipamento que utiliza, sentindo-se "transportado" para um ambiente virtual, onde tem a capacidade de operar um conjunto de ferramentas para reparar o equipamento elétrico. A imersão e a sensação de presença que daí podem advir são duas características muito relevantes de um sistema de VR.

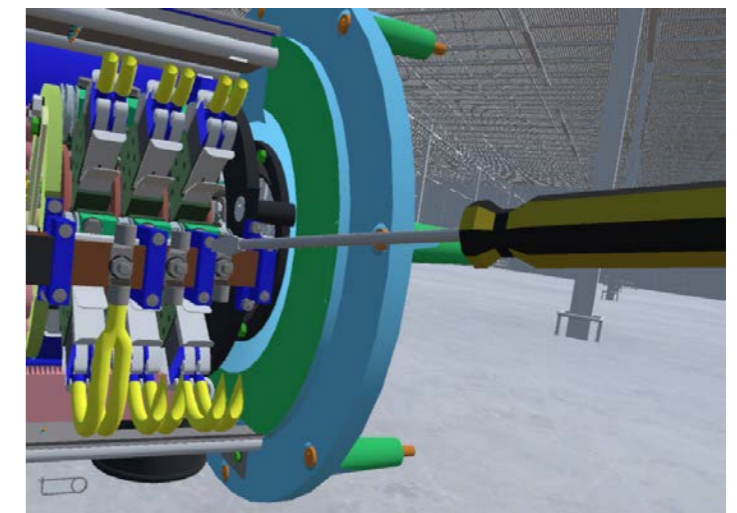


Figura 2 - Ambiente virtual para treino na indústria (colaboração com Vestas)<sup>[4]</sup>

Do lado esquerdo do contínuo surge a realidade aumentada, na qual objetos tridimensionais virtuais são posicionados de forma integrada com objetos reais. Aqui surge uma ligação forte do utilizador com o contexto onde se insere ou opera. A título de exemplo, na figura 3 apresenta-se um mapa em papel a ser aumentado com informação virtual, tais como rotas e áreas verdes. O tablet é neste caso utilizado como uma "lente de aumento"...



Figura 3 - Aplicação de AR para mapas turísticos em papel.

Tendo em consideração estes exemplos, que soluções poderíamos considerar como algo intermédio no contínuo realidade-virtualidade? As soluções intermédias, de Realidade Mista, combinam ambientes virtuais aumentados por objetos reais presentes no ambiente real em que o utilizador se insere. As paredes da sala real e o respetivo mobiliário podem ser integrados no ambiente virtual, permitindo ao utilizador tocar na parede ou encostar-se a uma mesa para realizar uma determinada tarefa. A figura 4 ilustra o pisar de um degrau de um passadiço virtual. Embora o utilizador esteja a poucos milímetros do chão, sobre uma tábua de madeira, o seu cérebro sente-se presente num ambiente virtual a centenas de metros de altura, proporcionando uma sensação fisiológica de vertigem. A investigação na área dos sistemas imersivos tem várias décadas, desde o "Sensorama", de Morton Heilig nos anos 50, ou a "Sword of Damocles", de Ivan Sutherland nos anos 60. No entanto, apenas na última década foram atingidos níveis de maturidade na tecnologia e na sua produção que permitem, por um lado, gerar conteúdos em tempo real, com qualidade e tempos de resposta viáveis para criar uma boa sensação de presença e imersão, e, por outro lado, produzir os dispositivos a preços que facilitam uma adoção mais alargada. Podemos encontrar hoje no mercado diversos sistemas, com diferentes configurações de dispositivos, sendo uma das mais apelativas a que contempla um dispositivo de visualização e audição a colocar na cabeça do utilizador - o chamado "Head-Mounted Display" (HMD) - e um par de controlos a usar nas mãos - denominados "varinhas" ou "wands" (entre outros dispositivos auxiliares). (figura 5)

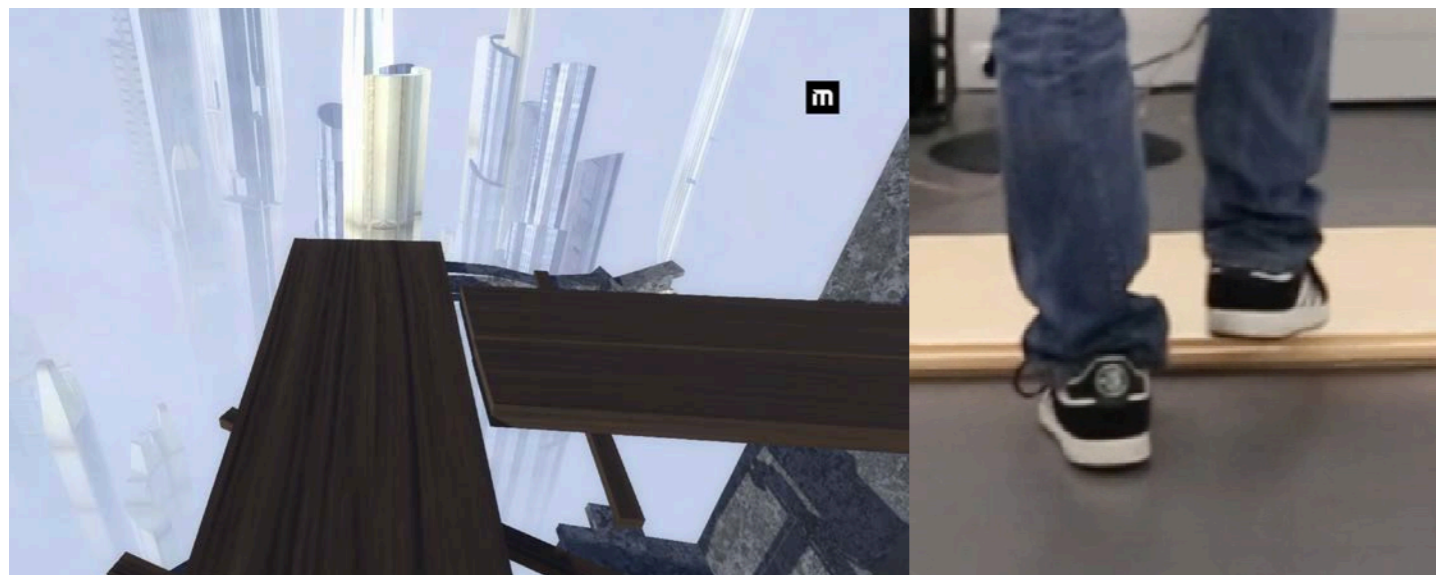


Figura 4 - Experiência de virtualidade aumentada no laboratório MASSIVE do INESC TEC [2].

Estas configurações conciliam:

- a. **Visão estereoscópica** - o utilizador tem a sensação de profundidade, uma vez que cada olho recebe a imagem de um ponto de vista ligeiramente diferente, como acontece em situação real;
- b. **Sincronização entre os movimentos da cabeça e o ponto de vista/audição virtual** - a vista recebida segue o movimento da cabeça, e os sons são reproduzidos de acordo com a orientação relativa às fontes sonoras;
- c. **Controlo da posição e orientação das mãos, acesso a botões para interação simbólica, e feedback por vibração;**
- d. **Posição do utilizador no espaço (em algumas configurações)** - o utilizador tem a sensação de se deslocar no espaço virtual ao fazê-lo no espaço real em que se encontra.

Em alguns casos, os utilizadores podem reportar uma sensação de náusea ao utilizar este tipo de dispositivos, que ocorre principalmente quando a sincronização entre os movimentos reais e o que é visualizado não é bem conseguida. A sincronização de movimentos é um dos desafios partilhados com os sistemas de realidade aumentada. Adicionalmente, a integração - também referida como registo - dos elementos virtuais nos elementos reais da cena que está a ser aumentada é outro dos desafios da AR. A título de exemplo, uma caixa virtual parece estar corretamente pousada numa mesa real, mantendo a coerência visual mesmo quando o utilizador ou o dispositivo se movem. O INESC TEC tem desenvolvido cenários de treino e formação e, no âmbito da Indústria 4.0, uma das aplicações que tem vindo a ganhar interesse é a dos "digital twins", em que máquinas e sistemas reais em funcionamento são replicados virtualmente e aumentados com informação em tempo real sobre o seu estado e planeamento de tarefas; complementarmente, tem desenvolvido trabalho no âmbito dos vídeos 360° interativos [3] que constituem uma alternativa às réplicas virtuais para capturar e visualizar a realidade de forma imersiva. Também ao nível do planeamento e gestão tem investido, através de ambientes virtuais, no teste de futuros ambientes reais de trabalho, de forma a avaliar a sua eficácia e carga cognitiva, centrando os novos sistemas industriais no ser humano. E nas tarefas de manutenção ou até nas tarefas numa linha de montagem, a realidade aumentada permite uma atuação mais eficiente, através da informação aumentada sobre a própria máquina, ou a colaboração remota com especialistas, em ambiente de realidade mista, para resolução de problemas mais complexos.



Figura 5 - Utilização de um HMD e das varinhas para interação.

[1] Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 77(12), 1321-1329.

[2] <https://massive.inesctec.pt/>

[3] <https://av360.inesctec.pt>

[4] Cassola, F., Pinto, M., Mendes, D., Morgado, L., Coelho, A., & Paredes, H. (2021, March). A Novel Tool for Immersive Authoring of Experiential Learning in Virtual Reality. In 2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW) (pp. 44-49). IEEE.



# ARQUITETURAS E PLATAFORMAS DIGITAIS

As Plataformas IoT (*Internet of Things*) têm sido encaradas como potenciadores de ligação estreita entre os elementos presentes no chão de fábrica e sistemas de gestão de produção. O presente texto apresenta o quadro de trabalho do INESC TEC no desenvolvimento de soluções para gestão operacional de sistemas de produção flexíveis.

CÉSAR TOSCANO <sup>(1)</sup>  
RAFAEL ARRAIS <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>INESC TEC  
cesar.toscano@inesctec.pt  
rafael.l.arraais@inesctec.pt

A criação do movimento *Industrie 4.0* (i4.0) na Alemanha teve como principal elemento um modelo de referência, chamado RAMI 4.<sup>[1]</sup>, onde se identificaram os princípios fundamentais do movimento. Os conceitos de Sistema Ciber-Físico e Componente i4.0 deram corpo ao modelo, sendo que a noção adotada de interligação estreita entre o mundo real (elementos existentes no chão de fábrica), e o mundo virtual, a representação digital ou virtual desses elementos reais, já vinha sendo trabalhada desde há alguns anos. Assim, não surpreende que nessa altura já existissem soluções (e.g. *OPC-UA*) para ligação dos equipamentos em chão de fábrica com aplicações de gestão da produção (e.g. *Manufacturing Execution System - MES*).

No entanto, as diversas iniciativas, que posteriormente foram sendo criadas um pouco por todo o mundo, vieram dar força ao que se começou a chamar plataformas IoT (*Internet of Things*), no contexto do desenvolvimento de soluções em torno da produção inteligente, manutenção preditiva e otimização de sistemas produtivos, entre outros. Tanto no mundo comercial como na comunidade de código aberto, estabeleceram-se soluções que visam a captura de dados em tempo real de diversos elementos em chão de fábrica, através de diversos protocolos de comunicação (e.g. *MQTT*, *ROS*, *AMQP*, *REST*) e do desenvolvimento de conceitos como objetos

inteligentes. O termo IIOT (*Industrial IoT*) começou a estar na moda. Funções de processamento de dados, para filtragem, anotação e conversão de formatos começaram a ser disponibilizadas nestas plataformas. Ultimamente, o conceito de Digital Twin tem sido bastante enfatizado. A tendência nos próximos anos é a de se estenderem estas funcionalidades de integração à comunicação de informação entre organizações. Neste contexto, o INESC TEC, no seguimento de uma colaboração entre os seus centros CESE (Centro de Engenharia e Sistemas Empresariais do INESC TEC) e CRIIS (Centro de Robótica Industrial e Sistemas Inteligentes do INESC TEC) no projeto europeu STAMINA "*Sustainable and Reliable Robotics for Part Handling in Manufacturing Automation*"<sup>[2]</sup>, iniciou a definição de um quadro de trabalho de aplicação genérica, OSPS – Open Scalable Production System, para a gestão operacional de sistemas de produção flexíveis, e com suporte numa Plataforma IIoT. Este sistema (Figura 1) define um conjunto de recursos de produção, compreendendo manipuladores robóticos, impressoras 3D, transportadores automáticos de material em curso de fabrico, e unidades automáticas de armazenagem. Para os dois primeiros casos, definiu-se um sistema de controlo (*TaskManager*) que permite a realização de operações de logística (e.g. transporte de cargas, construção de kits de peças), de montagem e de produção aditiva. Este elemento tem como pilar fundamental o sistema *APM Advanced Plant Model* (centro da Figura 1), definido como um modelo de dados

responsável por manter uma representação virtual, a três dimensões, de todos os elementos físicos existentes numa determinada área física de produção ou logística (ex. prateleiras e paletes logísticas, estações de trabalho, linhas de montagem). Este modelo contextualiza o plano de produção definido por um sistema típico de gestão de produção (MES), interligando a definição temporal das operações, a sua alocação a recursos de produção e a definição de rotas de produto com as representações físicas e geométricas dos elementos que compreendem a área física de produção.

Funcionalidades de gestão de produção são também definidas no APM, no sentido de controlar e monitorar a execução das operações definidas no plano de produção nos recursos de produção suportados, nomeadamente manipuladores robóticos e impressoras 3D.

A um nível mais tático, a arquitetura OSPS identifica um conjunto de ferramentas para apoio à tomada de decisões humanas (Figura 1) relativamente à melhor organização do sistema produtivo. A simulação de eventos discretos é o instrumento principal, utilizado para analisar vários cenários de produção e estimar o valor para vários indicadores de desempenho<sup>[3]</sup>. Desta análise resultam pesos a atribuir a diversos critérios, como por exemplo, a minimização de tempos de setup,

a minimização de atrasos, de tempos de espera, ou o aumento do nível de utilização dos recursos de produção, critérios que visam alterar a forma como o plano de produção é gerado pelo sistema MES.

A interação entre os elementos da arquitetura OSPS é realizada por um conjunto de mensagens que, através de protocolos de comunicação específicos a cada elemento, permite que o sistema funcione como um todo. Esta arquitetura foi concretizada e demonstrada em casos de uso distintos, com plataformas IIoT distintas, em dois projetos internacionais, o FASTEN (www.fastenmanufacturing.eu) e o ScalABLE 4.0 (www.scalable40.eu)<sup>[4]</sup>. No FASTEN, demonstrador de tecnologias IoT entre a Europa e o Brasil (através do INESC P&D Brasil), foi definida uma plataforma IoT em torno do ecossistema de código aberto Apache Kafka. O Kafka atua como o principal elemento de desacoplamento entre os recursos físicos de produção e os sistemas de gestão da produção.

Este sistema foi demonstrado em dois cenários industriais. Em Portugal, num armazém logístico onde se armazenam peças de vários tipos. O desafio consistiu no desenvolvimento de um manipulador robótico móvel, capaz de se movimentar autonomamente no espaço ocupado pelo armazém, de se deslocar para o sítio

onde estão armazenadas as peças e de recolher um conjunto de peças para um kit, transportando-o para a estação de trabalho na linha de montagem onde esse kit é necessário em determinado momento. No Brasil, o desafio consistiu no desenvolvimento de uma unidade de produção aditiva de componentes produzidos à medida para resolução de avarias em elevadores com alguma antiguidade, para os quais já não existe produção de peças.

Uma segunda concretização da arquitetura OSPS decorreu no projeto europeu ScalABLE 4.0. O protótipo do sistema foi demonstrado numa linha de montagem de motores na indústria automóvel, onde motores diesel e a gasolina foram objeto de operações robóticas, realizadas por manipuladores robóticos fixos, instalados em postos de trabalhos da linha, e por manipuladores robóticos móveis, capazes de se deslocarem para determinados postos de trabalho na linha.

Estes dois exemplos demonstram o grande objetivo de uma Plataforma IIoT que é a de suportar a integração de um leque alargado de sistemas, desde os elementos físicos com atividade numa determinada área de fabrico até aos sistemas de gestão das operações, disponibilizando adaptadores e conversores para lidar com as diferentes possibilidades de interação.

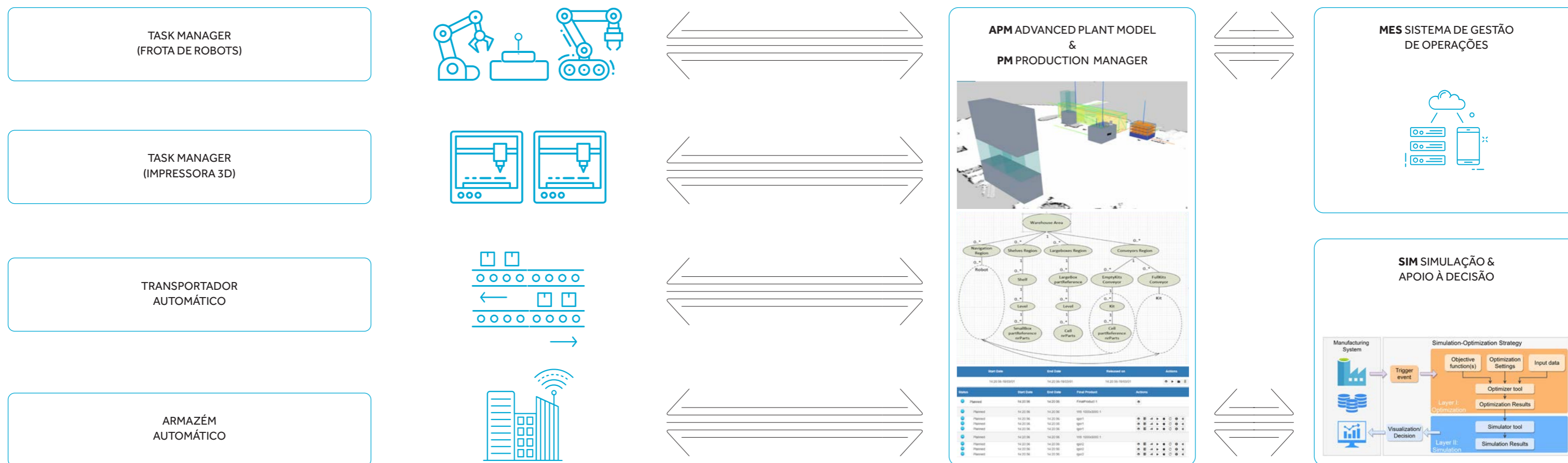
[1]. VID, VDE, ZVEI (2015). "Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI4.0)", Status Report, July 2015.

[2]. Krueger et al (2016). "A Vertical and Cyber-Physical Integration of Cognitive Robots in Manufacturing". Proceedings of the IEEE, <https://www.authenticus.pt/P-00K-A3T>.

[3]. Santos, Romão; Basto, João; Alcalá, Symone; Frazzon, Enzo; Azevedo, Américo (2019). "Industrial IoT integrated with Simulation – A Digital Twin approach to support real-time decision making" Management", in Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Pilsen, Czech Republic, July 23-26, 2019.

[4]. Arrais, Rafael; Veiga, Germano; et al (2019). "Application of the Open Scalable Production System to Machine Tending of Additive Manufacturing Operations by a Mobile Manipulator", In: Moura Oliveira P., Novais P., Reis L. (eds) Progress in Artificial Intelligence. EPIA 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11805. Springer, Cham, 2019, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30244-3\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30244-3_29).

Figura 1- Arquitetura OSPS





# A EMERGÊNCIA DA EMPRESA INTELIGENTE

Empresas Inteligentes (EI) agilizam e integram os seus processos implementando tecnologias avançadas e as melhores práticas conhecidas, tornando-se mais resilientes, rentáveis e sustentáveis. Duas tecnologias fundamentais nas EI são os Sistemas Avançados de Planeamento e Escalonamento (APS) e os Sistemas Avançados de Logística Interna.

**RUI REBELO** <sup>(1)</sup>  
**LUÍS GUARDÃO** <sup>(1)</sup>  
**LUÍS LIMA** <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>INESC TEC  
rui.d.rebelo@inesctec.pt  
luis.guardao@inesctec.pt  
luis.lima@inesctec.pt

Cada vez mais as empresas enfrentam alterações no seu negócio, com o aumento da procura de produtos customizados, a introdução de novos produtos, bem como a variação do mix dos produtos encomendados. Esta realidade tem como consequência um aumento da complexidade no chão de fábrica com mais processos para gerir, ferramentas para partilhar entre operações concorrentes e a necessidade de recursos especializados limitados, que partilham a sua atenção por vários centros de trabalho nas operações de *setup*/mudança ou para monitorizar a execução das operações. Se, num determinado momento, a produção se encontra estabilizada com fluxo assegurado e recursos suficientes, cumprindo os prazos de entrega, num outro momento, com a alteração do mix de produtos encomendados, poderá incorrer em atrasos e não haver informação suficiente para perceber o que mudou e o que tem de ser alterado para recuperar o equilíbrio. Este contexto justifica a necessidade de se desenvolverem sistemas de produção inteligentes e, conseqüentemente, de evolução para a Empresa Inteligente!

Empresas Inteligentes (EI) aplicam tecnologias avançadas e melhores práticas em processos de negócios ágeis e integrados, tornando-se mais resilientes, rentáveis e sustentáveis. Uma EI é aquela que implementa uma estratégia que permite uma transformação rápida dos dados em conhecimento – potenciando a inovação e a automatização e otimização de processos. A EI tira partido de tecnologias emergentes como inteligência artificial (IA), *machine learning* (ML), internet das coisas (IoT) e *analytics*, para ligar pessoas, equipamentos e sistemas com o objetivo de libertar os primeiros para a realização de tarefas de maior valor acrescentado, ser mais ágil e ter um crescimento sustentado.

Uma EI deve apostar na automação e otimização dos processos e num conjunto de aplicações ditas inteligentes e integradas, suportadas por uma plataforma digital que permita a aquisição, estabelecimento de relações e orquestração dos dados de toda a empresa e desta com outras externas como clientes e fornecedores. A utilização de tecnologias inteligentes permitirá o tratamento dos dados para detetar padrões, prever impactos nos resultados e sugerir ações corretivas<sup>[1]</sup>.

Duas tecnologias fundamentais nas EI são os Sistemas Avançados de Planeamento e Escalonamento (APS), por permitirem determinar quando e sob que condições os processos industriais irão ser executados, e os Sistemas Avançados de Logística Interna, pela capacidade de aplicar no sistema de produção as decisões dos sistemas APS. De seguida, são apresentadas essas duas tecnologias, consideradas base para as EI.

## Ferramentas avançadas de Planeamento e escalonamento (APS)

O planeamento e escalonamento de ordens de produção é amplamente reconhecido como uma atividade produtiva crítica, cujos resultados permitem que as empresas dos mais distintos setores se destaquem no seu desempenho operacional.

No entanto, mapear sistemas de produção complexos e as suas especificidades e, ao mesmo tempo, oferecer soluções otimizadas de escalonamento em tempo útil não é uma tarefa fácil.

Muitas empresas industriais com sistemas sofisticados de ERP e MES ainda usam sistemas de planeamento e escalonamento baseados em folhas de cálculo, sustentando o seu funcionamento em informação desatualizada, normalmente obtida através de processos batch executados diariamente ou em intervalos de várias horas. Estas limitações obrigam normalmente a ajustes manuais nos planos gerados antes de poderem ser implementados no sistema produtivo.

Com os avanços tecnológicos, os sistemas de planeamento e escalonamento foram evoluindo e conseguem modelar a realidade de forma cada vez mais próxima. Contudo, os sistemas de fabrico também se foram tornando, por um lado, cada vez mais complexos e, por outro, cada vez mais dinâmicos, sendo por isso fundamental que os sistemas de planeamento e escalonamento consigam acompanhar essa evolução. Se um sistema de planeamento e escalonamento não for capaz de modelar de forma fidedigna o sistema produtivo, incluindo as suas restrições e comportamentos, então será incapaz de produzir planos otimizados. Para que tal seja possível, os sistemas de planeamento e escalonamento deverão ser cada vez mais sofisticados e inteligentes, i.e.:

→ Estar conectado e constantemente atualizado com a informação disponibilizada pelos restantes sistemas que fazem parte da fábrica inteligente e ter acesso ao máximo de informação possível e atualizada de forma a conseguir gerar planos otimizados.

→ Ter um modelo de informação interno flexível que permita acomodar alterações ao sistema de fabrico (sob a forma de novas restrições, por exemplo).

→ Monitorizar a execução dos planos de forma contínua e realizar ajustes, sempre que tal se justifique, com base em informação operacional recolhida e tratada com a menor latência possível. Avanços tecnológicos mais recentes em áreas como *Big Data*, *IoT* ou *Analytics*, associados à evolução tecnológica tanto ao nível do software como de hardware, permitem a aquisição e processamento de grandes volumes de dados em tempo (quase) real, conseguindo-se assim detetar muito rapidamente desvios entre o plano aprovado e o que está realmente a ocorrer no chão de fábrica. Exemplos de situações que podem causar desvios são avarias em máquinas, lançamento de hot lots em produção, falta de materiais ou tempos de ciclo ou de setup superiores aos considerados, quebra de ferramentas, entre outros. Esses desvios poderão ser suficientemente significativos implicando que o plano aprovado necessite de ser reajustado de forma a ser novamente otimizado e refletir a nova realidade. Isto é conseguido utilizando técnicas de escalonamento em tempo real que, mediante a aquisição de eventos do sistema de fabrico em tempo (quase) real, conseguem detetar desvios e ajustar o plano de forma rápida, otimizando-o novamente para fazer face às alterações existentes.

→ Adotar uma lógica de funcionamento distribuído onde os sistemas de planeamento e escalonamento dos diversos intervenientes de uma cadeia de fornecimento comunicam entre si, possibilitando a determinação em tempo real de prazos de entrega e de disponibilidades de materiais por parte de fornecedores e a seleção dos mesmos durante a fase de planeamento. O escalonamento em tempo real também poderá tirar partido desta rede podendo ser, por exemplo, possível encomendar materiais a um outro fornecedor em caso de falha de uma entrega prevista ou rutura de stock, viabilizando a tomada deste tipo de ações de forma muito mais rápida.

→ Incorporar nas soluções produzidas não só as operações produtivas, mas também a automação de processos de logística interna e externa. São exemplos como a utilização de AGVs para transporte de em curso de fabrico e ferramentas necessárias às operações e gestão da logística das operações subcontratadas com tempos de execução e janelas de visita. Em termos de sistemas de informação inteligentes e integrados é de referir a capacidade de possuir visibilidade controlada sobre as operações nos subcontratados, como forma de monitorizar a execução dessas operações e de conhecer e considerar corretamente a sua capacidade de resposta. Incorporar nos planos a otimização de processos. Exs.: otimização de percursos de distribuição, otimização de carga de camiões, otimização do corte de material (chapa, pele, blocos de espuma, etc.), otimização do consumo energético e minimização dos custos produtivos. Otimizar, nos planos, a utilização de recursos humanos com as suas skills e preferências, permitindo a avaliação correta da sua necessidade e prevenindo, por exemplo, a sua utilização em tarefas excessivamente repetitivas.

## Sistemas Avançados de Logística Interna

Um exemplo de uma EI é a Kyaia em Paredes de Coura, onde o INESC TEC teve uma intervenção decisiva. O sistema logístico SmartSL 4.0 é dos mais avançados na gestão de sistemas de produção tipo job shop, isto é, processos onde é produzido um elevado número de artigos diferentes, normalmente em pequenas quantidades e de acordo com determinadas especificações do cliente. Esta tecnologia veio trazer à Kyaia aumentos de produtividade e diminuição dos tempos de resposta, permitindo a produção de modelos em 24 horas. A solução SmartSL 4.0 incorpora algoritmos avançados de balanceamento e sequenciamento da produção, assim como gamas em grafo para uma gestão eficiente das linhas de produção de costura e pré-costura. Permite uma afetação dinâmica do trabalho aos postos e produzir um número ilimitado de modelos em simultâneo, de gamas operatórias distintas, com possibilidade de atribuir prioridades às ordens de fabrico, facilitando assim a produção de pequenas séries, com tempos de resposta mais curtos. Esta ferramenta de apoio à gestão e tomada de decisão disponibiliza informação detalhada de todas as operações executadas e cálculo de indicador-chave de gestão para medição do nível de desempenho da linha de produção, de forma a avaliar se os objetivos definidos estão ou não a ser alcançados.

## Em conclusão

No contexto de uma EI, tecnologias avançadas como sistemas APS e de logística interna flexível (*data-driven*), associados às melhores práticas em processos de negócios ágeis e integrados, tornam as empresas mais resilientes, rentáveis e sustentáveis.



[1] <https://www.digitalistmag.com/finance/2019/10/24/what-is-the-intelligent-enterprise-why-does-it-matter-2-06201136/>



# FÁBRICA DE APRENDIZAGEM

Experienciar para aprender num ambiente quase real - o princípio facilitador da compreensão e ação no contexto das fábricas do futuro.

**ANA CORREIA SIMÕES** <sup>(1)</sup>  
**ANTÓNIO HENRIQUE ALMEIDA** <sup>(1)</sup>  
**AMÉRICO AZEVEDO** <sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> INESC TEC

<sup>(2)</sup> FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

ana.c.simoese@inesctec.pt

antonio.h.almeida@inesctec.pt

americo.azevedo@inesctec.pt



Uma tendência sem retorno é a digitalização da indústria. Abordar as diferentes dimensões subjacentes à digitalização é um desafio tanto para o meio académico/investigação como para a indústria. Os desafios mais relevantes são:

- 1. Assegurar a disponibilidade de mão-de-obra qualificada.**
- 2. Sensibilizar e compreender os custos-benefícios reais da adoção de soluções digitais.**
- 3. Garantir a eficácia no desenvolvimento de iniciativas capazes de transformar as organizações.**

Do lado da indústria encontramos dois grupos de empresas distintos. Por um lado, temos as grandes empresas com o seu poder interventivo e disponibilidade de recursos, capazes de lançar amplas iniciativas de teste, avaliação e implementação das tecnologias e de práticas operacionais e organizacionais, de forma a manterem a sua posição competitiva no mercado. Do lado oposto temos as pequenas e médias empresas (PME), normalmente dispostas de recursos escassos, atuando numa base de nicho regional e sem uma orientação estratégica da evolução do negócio. Estas empresas acabam por ter uma atitude reativa, muito sustentada na necessidade de sobrevivência nos mercados onde atuam.

As PME são o pilar das economias portuguesa e europeia. Estas empresas representam uma importante fatia das empresas industriais quando comparadas com as empresas de grande dimensão, contabilizando cerca de dois terços (68,4%) do valor acrescentado global e cerca de três quartos (78%) do emprego<sup>(1)</sup>. Assim, atividades de investigação e mecanismos competentes de transferência de conhecimento são obrigatórios para uma bem sucedida implementação das tecnologias e conceitos da Indústria 4.0 nas PME<sup>(2)</sup>. Consequentemente, e apesar das estratégias de digitalização poderem trazer oportunidades excecionais de competitividade às empresas, a implementação da transformação digital nas PME não é livre de risco nem é um processo simples.

Um obstáculo chave no processo de digitalização é a falta de conhecimentos dos agentes de decisão relativamente ao potencial e impacto/implicações das tecnologias digitais. Alguns agentes de decisão abdicam/rejeitam a transformação digital simplesmente porque não compreendem como é que essas tecnologias podem ser incorporadas no seu negócio<sup>(3)</sup>. Assim, institutos de investigação, clusters industriais e Polos de Inovação Digital (*Digital Innovation Hubs*) são responsáveis por construir as infraestruturas e disponibilizar os serviços que irão progressivamente mudar esta mentalidade (por exemplo serviços de análise de maturidade e elaboração de roadmaps tecnológicos). As empresas poderão usufruir de ambientes de demonstração e aplicação de tecnologias emergentes i4.0 seguindo uma metodologia iterativa e suportada pelo espírito de confiança e de colaboração com as entidades do sistema científico e tecnológico nacional.

Tendo em consideração esta realidade e ambição, especialmente entre as PME portuguesas, são necessários programas de formação e laboratórios inovadores para a demonstração e experimentação das tecnologias em cenários "quase reais"<sup>[4]</sup>. Estas ferramentas e infraestruturas têm de ser flexíveis para se adaptarem a todos os níveis hierárquicos das empresas e estruturas organizacionais, desde gestores até ao pessoal técnico. Esta visão está pautada no desenho e desenvolvimento do Industry and Innovation Lab (iiLab) do INESC TEC – uma "fábrica de aprendizagem" da Indústria 4.0. Esta infraestrutura adaptada permite a instalação de tecnologias digitais num modelo de *plug & play* para promover a demonstração de tecnologias com um baixo custo e esforço. Deste modo, podem ser prestados novos serviços, onde as PME interessadas em avaliar a adoção de novas tecnologias e justificar o retorno do investimento podem fazê-lo com apoio de uma equipa multidisciplinar de investigadores e uma rede de fornecedores de tecnologias criteriosamente selecionada.

Adicionalmente, os programas orientados para os agentes de decisão estão a ser desenvolvidos e oferecidos numa metodologia de formação ativa, firmemente alicerçada no conhecimento mais recente do estado-da-arte e apoiada por casos de referência, experimentação e aplicações reais. Durante estas sessões de formação pretende-se que os formandos se familiarizem com um leque alargado de conceitos, princípios, metodologias e ferramentas capazes de reforçar significativamente a sua capacidade de tomada de decisões quer ao nível estratégico quer ao nível operacional.

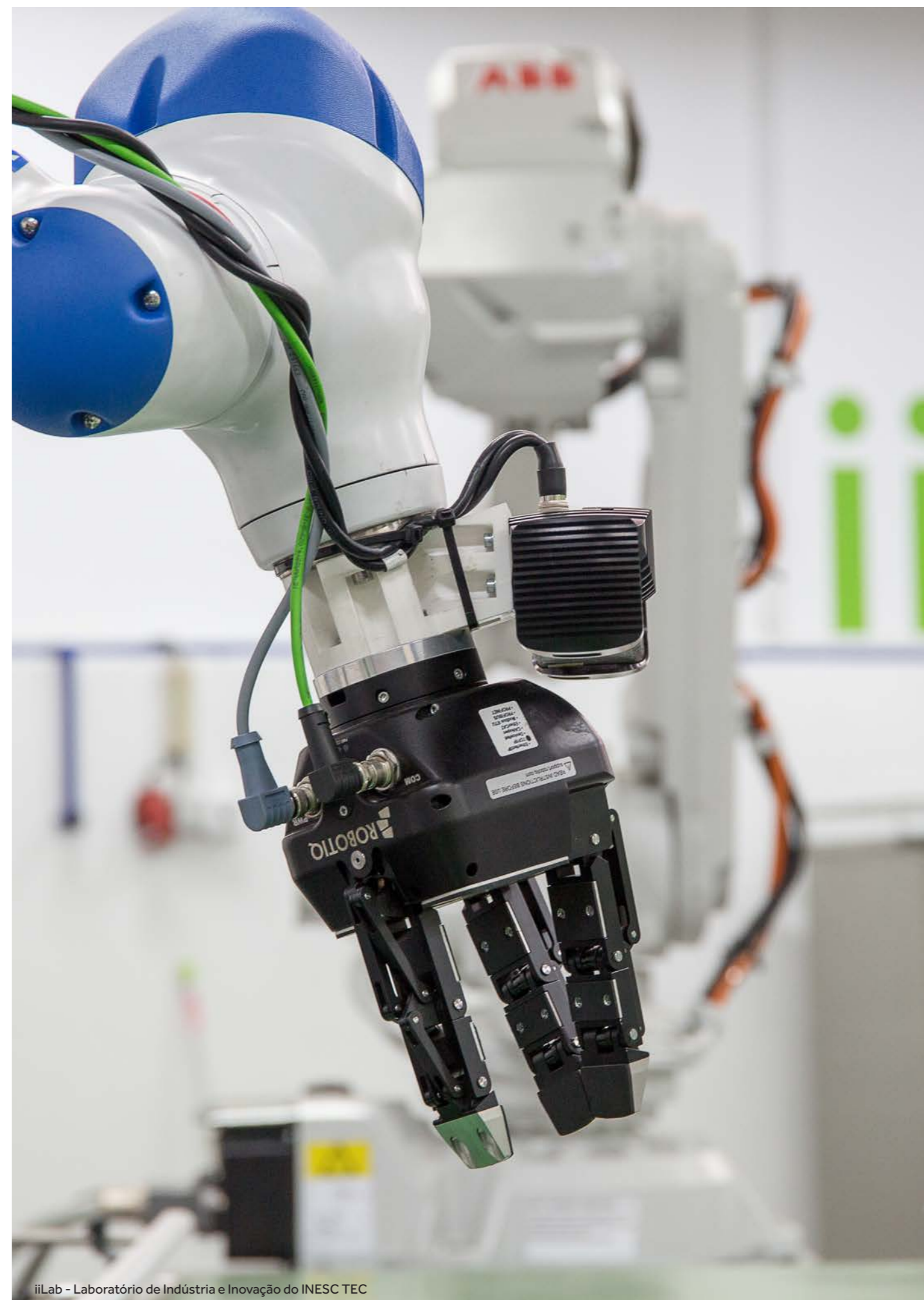
Estes programas têm um âmbito multidisciplinar, explorando diferentes tópicos e áreas temáticas transversais, orientados para a Indústria 4.0 e o paradigma da transformação digital. Os tópicos abordados estão relacionados com a avaliação da maturidade, fábricas inteligentes e sistemas de produção flexíveis, big data e inteligência artificial para a tomada de decisão na indústria e novos processos de produção para novos modelos de negócio. Na mesma linha, os programas de formação orientados à tecnologia têm sido desenvolvidos para responder às necessidades de requalificação de operadores e alavancagem da adoção de novas tecnologias na indústria transformadora. Por exemplo, nestas formações são explorados tópicos como automação cognitiva, realidade aumentada e virtual, robótica industrial e colaborativa, visão artificial, internet das coisas aplicada à indústria (IIoT) e interoperabilidade, entre outras tecnologias. Com o objetivo de tornar esta visão uma realidade, o INESC TEC tem definido uma estratégia de se envolver num conjunto de projetos educacionais no âmbito de projetos do EIT Manufacturing e outros que servem como base de desenvolvimento e melhoria contínua de programas de formação do iiLab. A ideia subjacente a estes projetos educacionais é: produzir uma gama alargada de atividades educacionais, focadas nos mais avançados processos e em tecnologias de produção orientadas às tecnologias de informação, dar apoio às universidades, dar formação avançada, e desenvolver atividade de Investigação e Desenvolvimento (I&D) e de transferência de tecnologia para diferentes audiências.

[1] European Commission (2019), "SBA Fact Sheet: Portugal", Brussels

[2] Horváth, D. and Szabó, R. Z. (2019) Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities?, *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 119-132, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021>.

[3] Reis, J., Amorim, M., Melão, N., and Matos, P. (2018) Digital transformation: A literature review and guidelines for future research, In: Rocha Á., Adeli H., Reis L.P., Costanzo S. (eds) *Trends and Advances in Information Systems and Technologies. WorldCIST'18 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 745. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77703-0\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77703-0_41).

[4] Abele, E., Metternich, J. and Tisch, M. (2019) *Learning Factories: Concepts, Guidelines, Best-practice Examples*. Basel: Springer International Publishing.



iiLab - Laboratório de Indústria e Inovação do INESC TEC





# OLHAR O PASSADO





# INDUSTRIALIZAÇÃO PORTUGUESA: SUPERAÇÃO DE UMA HERANÇA PESADA

MARIA FERNANDA ROLLO <sup>(1)</sup>

ANA CRISTINA BARROS <sup>(2)</sup>

LUÍS CARNEIRO <sup>(2)</sup>

JOSÉ CARLOS CALDEIRA <sup>(2,3)</sup>

<sup>(1)</sup> UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

<sup>(2)</sup> INESC TEC

<sup>(3)</sup> MANUFUTURE

mffr@fcsh.unl.pt

ana.c.barros@inesctec.pt

luis.carneiro@inesctec.pt

jose.caldeira@inesctec.pt

**Com um passado cheio de atrasos e condicionantes, com períodos de rejeição generalizada à industrialização e outros de desenvolvimento económico acelerado, Portugal chega à quarta revolução industrial com uma herança pesada. Apesar disso, tem hoje a capacidade para acompanhar os principais desafios e disputar posição entre os países mais avançados na superação de alguns dos processos mais complexos que compõem a revolução 4.0 em curso.**



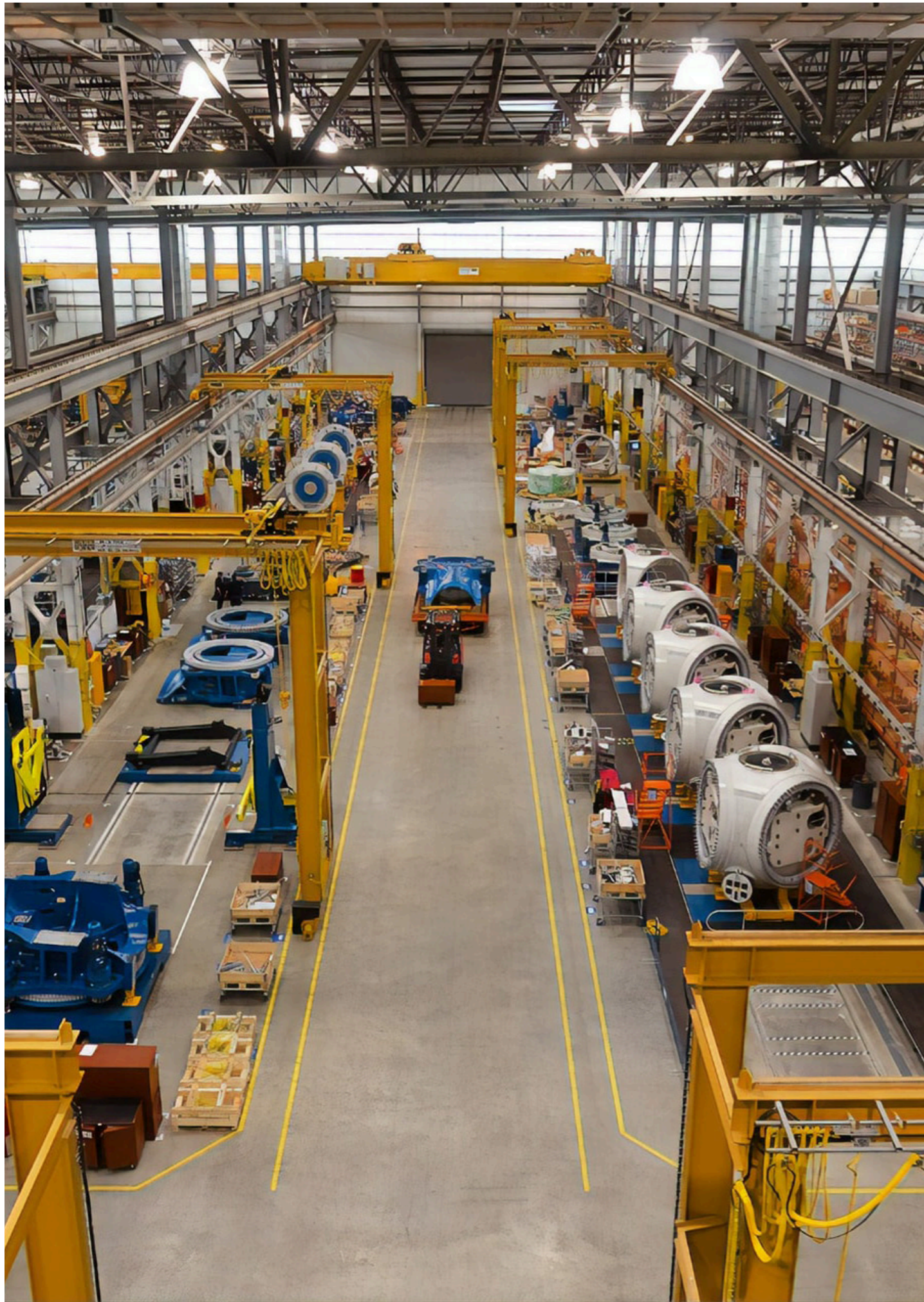
O panorama recente da indústria portuguesa, ombreado ao nível da 4ª Revolução Industrial, indicia perspectivas auspiciosas, fundamentadas nos êxitos e no protagonismo internacional alcançados por vários dos sectores. É certo, contudo, que a posição inovadora e relevante de várias empresas industriais portuguesas, convive com um tecido industrial e uma atividade insuficientes para que, no conjunto, possamos posicionar o país sustentadamente ao nível dos países mais industrializados. A circunstância suscita uma reflexão que nos projeta para o passado em dois planos. Por um lado, deixa-nos otimistas, mas, justificadamente, suspensos na consolidação de uma posição efetivamente vencedora e porventura cimeira nalguns sectores; por outro, permite-nos constatar a efetiva superação de uma posição histórica reiteradamente subalterna, devendo salientar-se a dificuldade dessa conquista, atendendo à intensidade e persistência de muitos fatores que compõem uma herança pesada do nosso passado industrial.

Um passado feito de atrasos, estratégias divergentes, hesitações ou mesmo rejeições quanto à modernização económica e social do país, que têm condicionado o percurso da indústria portuguesa, mantendo-a, até há bem pouco tempo, numa posição assaz modesta se comparada com a esmagadora maioria dos nossos parceiros europeus. E esse é um aspeto que deve ser devidamente assinalado.

É que, tendo "passado ao lado" dos primeiros tempos da Revolução Industrial, Portugal poderia, como uns quantos fizeram, ter apanhado num segundo momento o comboio da industrialização, beneficiando até de algumas vantagens, e entrando no clube dos países industrializados. Só acabaríamos por fazê-lo, mais por necessidade do que por vontade, muito tardiamente, e num contexto claramente condicionado pelo enquadramento político em que nos encontrávamos. Na realidade, foi cerca de um século e meio mais tarde do que ocorreu noutros países, pelos inícios da década de 50 do século XX, que o sector industrial português, em termos de contribuição para o PIB e de população ativa, ultrapassou o agrícola. Além disso, só no final dessa década, depois de uma primeira investida, decisiva embora frustrada, ocorrida no final da II Guerra Mundial (especialmente protagonizada por Ferreira Dias e as leis de eletrificação do País e de fomento e reorganização industrial de 1944 e 1945), se assumiu francamente a opção pela industrialização, não obstante as resistências que ainda persistiriam. Resolveu-se, por fim, a divergência que opunha um sector mais progressista e empenhado na rápida e generalizada industrialização do País e os que rejeitavam esse caminho e advogavam o predomínio da atividade da agricultura e do modus vivendi associado ao mundo rural no quadro do modelo económico que o Estado Novo cristalizara.







REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	AVANÇOS NA INDÚSTRIA	INÍCIO	PAÍS PIONEIRO	FATOS RELEVANTES EM PORTUGAL
Primeira	Máquina a vapor	1780s	Inglaterra	1820s: Instalação das primeiras máquinas a vapor em fábricas <sup>[3]</sup>
Segunda	Produção em massa	1870s	Estados Unidos	1944 - 1945: Aprovação das leis de eletrificação do País e do fomento e reorganização industrial <sup>[4]</sup>
Terceira	Eletrónica, telecomunicações e computadores	1970s	Estados Unidos	1975-7: Instalação dos primeiros computadores em fábricas <sup>[5]</sup>
Quarta / Indústria 4.0	Sistemas ciberfísicos, Sistemas homem-máquina, inteligência artificial	2011	Alemanha	2017: Lançamento do programa Indústria 4.0 (i4.0) <sup>[6]</sup>

Tabela 1 - Revoluções Industriais <sup>[1][2]</sup>



Iniciou-se então, acompanhando a tendência e beneficiando da conjuntura internacional, uma fase de desenvolvimento económico acelerado e sustentado que se prolongou até 1973. No decurso desse período, Portugal alcançou ritmos de crescimento inéditos na história nacional, sobretudo ao nível da indústria transformadora, e, recuperando parte do atraso que vinha mantendo, convergiu e aproximou-se dos países mais desenvolvidos da Europa. Tratou-se, sem dúvida, de um ciclo de crescimento e de modernização que incorporou mudanças estruturais, não obstante os poderosos fatores sociais e políticos de resistência que, subsistindo, acabaram por condicionar negativamente o ritmo e o alcance das transformações modernizadoras, desde logo ao nível da sua própria indústria. Entre outros fatores, deve recordar-se o contexto corporativo vigente durante o Estado Novo e distinguir-se um dos elementos mais determinantes e com repercussões mais profundas e duradouras na natureza e dinâmica do tecido industrial português: o condicionamento industrial. A primeira experiência de condicionamento industrial surgiu em Portugal em julho de 1926, em período de Ditadura Militar, no quadro do decreto dedicado à alteração do regime cerealífero, abrangendo o conjunto do sector moageiro, promovendo a sua reorganização e conduzindo à sua concentração. De medida excepcional, o condicionamento industrial ampliou-se, passou a regime geral e perdurou durante todo o Estado Novo, significando a determinação de que não poderia ser criado qualquer estabelecimento industrial, ou modificada a capacidade produtiva dos existentes, sem autorização do Governo, e que as empresas deveriam, em quaisquer circunstâncias, garantir que 75% do seu capital seria de nacionalidade portuguesa.

Serão já poucos os que o lembram? Convém não matizar a sua importância e não esquecer o seu impacto: significou, entre outros aspetos e muito abreviadamente, que, com relevo a partir do pós-guerra, mais de metade dos requerimentos para novos empreendimentos, incluindo propostas para novas atividades industriais, foi liminarmente rejeitada. Ou seja, todos os requerimentos que eram considerados contraditórios com a lógica que presidia à política económica salazarista ou que colidiam com os interesses instalados. O condicionamento industrial só foi extinto há bem poucas décadas, na sequência do 25 de Abril de 1974.

Muito mais haveria a dizer acerca do legado de 40 anos de condicionamento industrial, nomeadamente o que limitou e efetivamente impediu em termos de dinâmica e inovação, com repercussões duradouras na composição, natureza e comportamento do nosso tecido industrial. Daí, a importância da evocação histórica, de um passado que é afinal tão próximo, valorizando os feitos recentes da indústria portuguesa e orientando-nos num quadro mais compreensivo dos limites e oportunidades para os caminhos da industrialização que está a acontecer ou se pode imaginar.

Uma outra nota se deve destacar neste sobrevoos sobre heranças pesadas, evocando diretamente a relevância da formação e da contribuição de um conhecimento de base científica e técnica para a afirmação do tecido produtivo, industrial em particular. Também nesse âmbito, e numa referência brevíssima, saliente-se o atraso em matéria de formação de base da população em geral e de formação especializada da classe trabalhadora, o carácter tardio e as opções prosseguidas no plano do ensino e afirmação das diversas especialidades de engenharia e a resistência à inovação e à incorporação de um conhecimento de base científica e ao desenvolvimento tecnológico que caracteriza boa parte do tecido industrial – o que em boa medida resulta dos baixos níveis de formação de parte significativa dos empresários. Dito de forma mais simples, são muito recentes o aumento significativo de engenheiros formados em Portugal (passando de 356 em 1950/51,







para 622 em 1974/75 e 3500 em 2001-02) e é muito recente a chegada generalizada da engenharia e dos engenheiros às fábricas e ao sector produtivo. Também neste âmbito a mudança que se registou em Portugal num passado ainda bastante recente, ganha amplitude e notabilidade relativa e absoluta. Entre tudo, devem por diversas razões salientar-se as dinâmicas bem-sucedidas das atividades industriais ditas tradicionais, que ocupam hoje uma posição relevante no nosso tecido produtivo e até uma posição internacionalmente competitiva, com destaque para o calçado, os têxteis e os moldes.

Refira-se, brevemente, o impacto e a transformação decorrentes do processo de internacionalização da economia e da sociedade portuguesas nas últimas décadas. Uma vez mais importa recordar o peso de um tempo longo de autoritarismo e de autarcia que o 25 de Abril derrubou em 1974. A democracia consagrou a opção europeia, abrindo o caminho para a integração de Portugal na atual União Europeia, e abriu o país ao mundo.

Passado menos de meio século em democracia, no decurso do qual o processo de transformação da sociedade portuguesa foi rápido e profundo, a indústria portuguesa tem hoje capacidade para acompanhar os principais desafios e disputar posição entre os países mais avançados na superação de alguns dos processos mais complexos que compõem a revolução 4.0 em curso.

[1] Monostori, L., B. Kádár, T. Bauernhansl, S. Kondoh, S. Kumara, G. Reinhart, O. Sauer, G. Schuh, W. Sihn, and K. Ueda. 2016. "Cyber-physical systems in manufacturing." *CIRP Annals*, 65(2): 621-641.

[2] Mowery, D.C. 2009. "Plus ca change: Industrial R&D in the "third industrial revolution"." *Industrial and corporate change*, 18(1): 1-50.

[3] Rosas, F. 2014. "História a história - A máquina a vapor, RTP/ Garden Films <https://ensina.rtp.pt/artigo/maquina-a-vapor/>

[4] Rollo, M.F. 2011, "Em prol da electrificação do País - I", *Revista Ingenium* N.º 122 - Março/Abril de 2011, <https://www.ordemengenheiros.pt/pt/centro-de-informacao/dossiers/historias-da-engenharia/em-prol-da-electrificacao-do-pais-i/>

[5] Almeida, J.M.F. 2003. "História da Informática em Portugal: o subsistema de informação da CUF / Quimigal", *Memórias das tecnologias e dos sistemas de informação*, <http://www3.dsi.uminho.pt/memtsi/livros/mesa8.pdf>

[6] <https://www.iapmei.pt/Paginas/Industria-4-0.aspx>







# TEMAS DE ATUALIDADE





SUSANA BARBOSA <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> INESC TEC;

susana.a.barbosa@inesctec.pt

**Em condições pós-normais a prática científica é posta à prova. A ciência tende a inclinar-se para a política, dado que a utilidade da ciência e a sua coerência com as preferências culturais e políticas torna-se mais importante do que a sua solidez. Essa inclinação deve ser contrariada.**



Nos tempos que correm, de pandemia e de novos léxicos como "novo normal", o termo pós-normal parece remeter para os efeitos da situação epidémica na ciência. No entanto, o conceito de ciência pós-normal foi desenvolvido ainda no século passado<sup>[1]</sup>, motivado por desastres como a explosão de Chernobyl ou do vaivém Challenger, ambos paradigmáticos de uma gestão de risco catastrófica. Segundo este conceito, um domínio científico está num estado pós-normal quando a incerteza é muito grande, há valores culturais em jogo, os riscos para a sociedade são elevados, e as decisões a tomar urgentes. Com base nesta definição, a ciência do clima é um exemplo óbvio de uma ciência pós-normal<sup>[2]</sup>, e a pandemia de COVID-19 em 2020 evidenciou de forma marcante a situação de pós-normalidade em muitas outras áreas.

A ciência moderna rege-se por princípios sistematizados pelo sociólogo Robert Merton<sup>[3]</sup> na sigla CUDOS de *Communalism* (propriedade comum das descobertas científicas, promovendo a colaboração coletiva), *Universalism* (utilização de critérios universais e impessoais, independentemente de género, raça, religião), *Disinterestedness* (ações motivadas pelo bem científico comum e não pelo ganho pessoal) e *Organized Skepticism* (escrutínio crítico imparcial, revisão por pares). Como atividade humana e cultural que é, a ciência não consegue ser inteiramente objetiva, mas está na sua matriz esforçar-se por sê-lo, e nutre mecanismos intrínsecos de autocorreção. Um facto científico não é uma verdade absoluta, mas antes a explicação mais plausível, tendo em conta as observações e teorias científicas consideradas válidas. Como tal, pode (e deve) ser substituído por uma explicação alternativa em face de novos dados e novos conhecimentos. Um facto não é científico, ainda que expresso por um indivíduo com formação científica ou por um cientista profissional, quando o método científico não é seguido, por exemplo, quando não são consideradas explicações alternativas, ou quando uma explicação é escolhida apenas porque está de acordo com uma escola de pensamento concreta. Apesar destes princípios da prática científica estarem bem estabelecidos e serem amplamente aceites, a sua aplicação é posta à prova em condições pós-normais.

A pressão social a que a prática científica está sujeita em situações pós-normais afeta o próprio processo científico e os seus resultados. Em condições pós-normais, é inevitável a predisposição para escolher tópicos considerados socialmente relevantes e para privilegiar explicações consistentes com a visão social dominante. Por exemplo, na área do clima, a utilidade da ciência, ou para alcançar os objetivos do Acordo de Paris ou para adiar alterações económicas profundas e dispendiosas, torna-se o foco principal, mais do que a solidez da ciência que informa essa tomada de decisão. A utilidade da ciência e a sua coerência com as preferências culturais e políticas torna-se mais importante do que a sua solidez em termos de rigor metodológico (por exemplo, consistência com as normas de Merton). Paradoxalmente, a utilidade da ciência para informar processos de decisão fica então significativamente reduzida, já que deixa de ter o distanciamento, foco e imparcialidade que são precisamente a sua força. Para manter a inegável utilidade da ciência para a sociedade, nomeadamente na compreensão de fenómenos complexos e mesmo em situações de emergência e de alto risco, como é o caso das alterações climáticas, é importante que a ciência insista no rigor metodológico que é a sua força. A educação das



gerações mais jovens nos princípios fundamentais da investigação científica rigorosa é crucial<sup>[4]</sup>, devendo ser dada mais ênfase a assuntos aparentemente menos úteis, como filosofia ou história da ciência. Para quem não lida diretamente com questões científicas é ainda mais difícil apreender o carácter distintivo do método científico, resultando ora na sobrevalorização do poder da ciência e do que pode efetivamente contribuir para a sociedade, ora na desvalorização e descrédito dos resultados científicos. Esta polarização é exacerbada em situações pós-normais, quando a ciência é vista em termos do modo como supera ou fica aquém das expectativas da sociedade, independentemente da sua validade.

A ciência deve manter-se no seu domínio de competência, que é inevitavelmente muito limitado em termos do âmbito da realidade que descreve. Em condições pós-normais, a ciência tende a inclinar-se para a política, dado que a utilidade política das conclusões científicas torna-se mais importante do que a sua solidez científica. Por outro lado, a política tende a inclinar-se para a ciência quando as decisões políticas são apresentadas como sendo baseadas em conhecimento

científico unívoco e não-incerto. Essa inclinação deve ser corrigida. A ciência deve focar-se no seu núcleo duro de competência, reconhecendo que os cientistas têm um conhecimento muito profundo mas numa área muito limitada, e a política deve promover processos de decisão abertos e inclusivos, baseados em ciência mas tendo em conta as suas incertezas e domínio específico. Ao deixar o território da ciência para entrar na esfera pública ou de formulação de políticas, é importante reconhecer, com humildade, que o conhecimento científico é muito focado e consequentemente limitado, fornecendo apenas uma componente de todo o conhecimento que é necessário para lidar com problemas complexos como sejam as alterações climáticas. A definição de políticas públicas e a resposta a desafios sociais complexos deve por isso, neste caso, envolver não só cientistas da área das ciências naturais, mas também especialistas de outras áreas, incluindo das ciências sociais, assim como stakeholders de diferentes domínios e setores da sociedade, respeitando as limitações e forças de cada um para um processo de decisão mais construtivo e democrático. O mesmo princípio será transponível para outras áreas, tais como a atual pandemia de COVID-19.



[1] FUNTOWICZ, Silvio; RAVETZ, Jerry (1990) - Post-normal science: A new science for new times. *Scientific European*, 20-22.

[2] BRAY, Dennis; VON STORCH, Hans (1999) - Climate Science: An Empirical Example of Postnormal Science. *Bulletin of the American Meteorological Society* 80, 439-455.

[3] MERTON, Robert (1973) - The Normative Structure of Science, in Merton, Robert K. (ed.), *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*, Chicago: University of Chicago Press, 267-273

[4] RAVETZ, Jerry (2019) - Stop the science training that demands 'don't ask', *Nature* 575(7783), Nature Publishing Group, 417-418.



# RECOMENDAÇÕES DE POLÍTICAS PARA AS CADEIAS DE ABASTECIMENTO DA PRÓXIMA GERAÇÃO

RICARDO ZIMMERMANN <sup>(1)</sup>

PEDRO PINHO SENNA <sup>(1)</sup>

ANA CRISTINA BARROS <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> INESC TEC;

ricardo.a.zimmermann@inesctec.pt

pedro.senna@inesctec.pt

ana.c.barros@inesctec.pt

**A pandemia de COVID-19 tem realçado a importância das cadeias de abastecimento e ensinado muito sobre a sua gestão. Neste artigo apresentamos estratégias que as empresas podem aplicar para se prepararem para os desafios futuros, além de recomendações para os tomadores de decisão, que visam contribuir para a competitividade e resiliência das cadeias europeias do futuro.**

Durante o último ano, a pandemia de COVID-19 ensinou-nos muito sobre a gestão das cadeias de abastecimento. Por um lado, ensinou-nos como montar uma cadeia de abastecimento desde o desenvolvimento do produto (neste caso, a vacina) até à distribuição ao cliente final. Por outro, mostrou como redesenhar e gerir as cadeias de abastecimento das empresas para fazer face às sucessivas disrupções causadas pelas interrupções dos fluxos logísticos. Este é o exemplo mais recente de um fenómeno global que tem levado a sociedade como um todo a repensar a forma como vivemos, com grande impacto na economia e em particular nas cadeias de abastecimento. Ao mesmo tempo, o aquecimento global surge como uma questão urgente que temos que enfrentar para permitir que as futuras gerações tenham um mínimo de qualidade de vida. Questões críticas relacionadas com aspetos sociais, sanitários, humanitários e económicos têm surgido com frequência e abrangência cada vez maiores, desafiando-nos a encontrar soluções eficazes e inovadoras. Além disso, a globalização e os novos hábitos de consumo aumentaram drasticamente a complexidade das cadeias de abastecimento, exigindo novas formas de lidar com uma procura de mercado em constante mudança. A rápida evolução das tecnologias digitais tem também grande influência sobre a forma como as empresas conduzem os seus negócios.

Estes e outros desafios contemporâneos têm tido grande impacto na forma como as empresas gerem os seus negócios e, em especial, as suas cadeias de abastecimento.

O ritmo das mudanças tem sido tão intenso que a tarefa de prever o que acontecerá no futuro se torna muito difícil. Obviamente, não existe uma receita única para lidar com todos os obstáculos e tendências e, portanto, é preciso refletir continuamente sobre possíveis cenários do futuro, de forma a estarmos preparados para agir em resposta aos desafios. Neste sentido, o INESC TEC trabalhou, nos últimos três anos, em conjunto com várias entidades Europeias num projeto financiado pela Comissão Europeia que teve como objetivo refletir sobre o futuro das cadeias de abastecimento europeias (resultados disponíveis no livro "Next Generation Supply Chains: A Roadmap for Research and Innovation"<sup>(1)</sup>). A partir da reflexão sobre as principais tendências políticas, económicas, sociais, tecnológicas, legais e ambientais, desenvolvemos seis cenários para as cadeias de abastecimento da próxima década, mapeámos e analisámos as tecnologias que farão parte das soluções do futuro e propusemos estratégias aplicáveis a diferentes contextos. Os resultados mostram que a reflexão sobre que estratégias usar tem de partir da caracterização que as empresas façam das suas cadeias de abastecimento, considerando oito dimensões: Produtos e Serviços, Incerteza da Procura e do Fornecimento, Compras e Distribuição, Maturidade Tecnológica, Configuração da Cadeia de Abastecimento, Sistemas de Produção, Canais de Venda e Sustentabilidade. Através da análise do seu contexto específico, nestas dimensões, as empresas poderão adotar várias estratégias, tais como o estabelecimento de cadeias de abastecimento globais, urbanas, eficientes



no uso de recursos, de ciclo fechado, de resposta a calamidades, orientadas ao cliente, orientadas aos serviços, focadas nas pessoas, hiperconectadas ou biointeligentes.

Por fim, colocamo-nos a seguinte questão: quais serão as principais ações que os tomadores de decisão públicos e privados devem desenvolver para ajudar as cadeias de abastecimento europeias, de forma a estarem preparadas para os desafios futuros? Com a ajuda de um grande número de especialistas – académicos e profissionais da área de gestão das cadeias de abastecimento – identificamos um conjunto de tópicos transversais que afetam todas as dimensões e estratégias das cadeias de abastecimento, aplicáveis a todos os setores industriais (Key Horizontal Issues). Os tópicos identificados incluem questões relacionadas com: a padronização, o quadro regulatório, a formação e a educação, os acordos internacionais, incentivos e financiamento, e os organismos de referência e infraestrutura.

Com base nestes tópicos e nas diretrizes da Comissão Europeia para a inovação, investigação e desenvolvimento tecnológico nos próximos anos (Horizon Europe), desenvolvemos um conjunto de recomendações. O principal público-alvo das recomendações foi a própria Comissão Europeia, bem como as instituições que habitualmente a apoiam no processo de tomada de decisão, tais como centros tecnológicos e de investigação, parcerias público-privadas e associações industriais.

As recomendações podem tomar diferentes formas: (1) políticas, entendidas como um conjunto de ideias ou planos que servem de base para a tomada de decisões – representa um compromisso de longo prazo; (2) projetos, entendidos como um esforço temporário com o propósito de criar uma solução específica; ou (3) programas, que podem ser definidos como um conjunto de projetos relacionados, geridos de forma coordenada para obter benefícios mais amplos.

As 12 recomendações desenvolvidas e apresentadas foram as seguintes:

- **Promover a harmonização da legislação e das normas referentes às cadeias de abastecimento europeias;**
- **Divulgar padrões (standards) para todos os stakeholders das cadeias de abastecimento europeias; Facilitar e impulsionar o transporte multimodal;**
- **Desenvolver a força de trabalho para as cadeias de abastecimento do futuro;**
- **Promover acordos bilaterais e multilaterais que considerem uma perspetiva Global das cadeias de abastecimento;**
- **Apoiar o estabelecimento de redes de I&D para avanços e disseminação de tópicos relacionados com as cadeias de abastecimento;**
- **Melhorar a colaboração com base nos resultados de projetos europeus: criar uma plataforma que sirva como repositório de dados;**
- **Estabelecer um prémio para apoiar e divulgar as melhores práticas nas cadeias de abastecimento da Europa;**
- **Criar sinergias entre os setores público e privado relativamente ao financiamento de ações para a cadeia de abastecimento;**
- **Criar o “European Supply Chain Observatory” para cadeias de abastecimento sustentáveis, resilientes e inclusivas;**
- **Atualizar as infraestruturas para reduzir as emissões de carbono associadas às cadeias de abastecimento;**
- **Promover a utilização das redes 5G e de veículos autónomos para melhorar as cadeias de abastecimento urbanas.**

Cada recomendação deu origem a um documento chamado de “resumo da política” (policy brief), que foi apresentado e entregue aos potenciais tomadores de decisão do domínio<sup>[2]</sup>. Espera-se que este conjunto de recomendações possa ser um contributo importante, não apenas para a competitividade das cadeias de abastecimento europeias, mas também para a construção de uma sociedade mais justa, colaborativa e sustentável para as gerações futuras.

[1] Fornasiero, R., Sardesai, S., Barros, A. C., & Matopoulos, A. (2021). Next Generation Supply Chains: A Roadmap for Research and Innovation, <https://www.springer.com/gp/book/9783030635046>

[2] Next Horizons for European Supply Chains - Strategic Research and Innovation Agenda (2019), [https://nextnetproject.eu/wp-content/uploads/2019/12/DossierParalmprensa\\_mailing.pdf](https://nextnetproject.eu/wp-content/uploads/2019/12/DossierParalmprensa_mailing.pdf)

## DIMENSÕES ESTRATÉGICAS DAS CADEIAS DE ABASTECIMENTO



### Produtos e Serviços

Produtos Convencionais, Produtos Customizados, Produtos Frugais, Servitização



### Configuração da Cadeia de Abastecimento

Fábricas hiperconectadas, Sistemas modulares, Produção urbana, Sistemas Simples



### Paradigma de Cadeias de Abastecimento

Eficiente, Ágil, robusto e ágil, cobertura de risco



### Sistemas de Produção

Produção Digital Robusta, Customização Digital em Massa, Produção Ágil, Produção Flexível, Produção Eficiente e Reconfigurável



### Compras e Distribuição

Global, Local, Global e Local



### Canais de Venda

Omni-canais, Consumidor-a-Consumidor (C2C), Canais de Venda Tradicionais



### Maturidade Tecnológica

Mestres Digitais, “Tecno-fashionistas”, “Tecno-iniciantes”, “Tecno-conservadores”



### Sustentabilidade

Ciclo-fechado, Verdes, Eficientes no Uso dos Recursos, Socialmente Responsável, Cadeias de Abastecimento Humanitárias





Tema da próxima edição da Revista *INESC TEC Science&Society*: 5G  
[Subscrever aqui](#)