



ARTIGO

# INDÚSTRIA 4.0: POSSIBILIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO DO ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO EM COMPUTAÇÃO NO BRASIL

POR

Ricardo J. Rabelo, Túlio Duarte Christofolletti  
[ricardo.rabelo@ufsc.br](mailto:ricardo.rabelo@ufsc.br) e [tulio.duarte@harbor.com.br](mailto:tulio.duarte@harbor.com.br)

A história da humanidade sempre foi marcada por mudanças paradigmáticas na sociedade e por marcos civilizatórios que impactaram o mundo de forma profunda e em várias dimensões. Em termos de mudanças ligadas à industrialização, estas têm sido grandes epicentros de transformações socioeconômicas. No caso da **1ª.**

**Revolução Industrial**, o advento da máquina a vapor e das linhas férreas (basicamente entre 1760 e 1840) trouxe grande produtividade ao se conseguir escalar o trabalho manual e as forças físicas humana e animal para a produção de bens e no transporte de coisas e pessoas. A **2ª. Revolução Industrial**, com a energia elétrica, no final do século XIX e início do século XX, permitiu dar escala ao trabalho das máquinas, criando as bases

para o conceito de linha de montagem, produção em massa e melhor controle de custos. A **3ª. Revolução Industrial** veio a partir da década de 60, com o desenvolvimento de semicondutores e computadores, e, mais tarde, a partir dos anos 90, com o surgimento da Internet. Ela permitiu que a informação passasse a ser digital e, com isto, estabeleceu as bases para a automação de processos e o uso de informações para tomadas de decisão.

Estamos atualmente entrando na Era da Sociedade em Redes: a **4ª. Revolução Industrial**. As mudanças provocadas por esse cenário são sistêmicas, de paradigmas tecnológicos, sociais, econômicos, éticos, legais, de trabalho, entre outros, abrangendo praticamente todas as áreas da sociedade, como a da manufatura, da saúde e da farmacologia, das ciências humanas, da computação, das finanças, do clima, da alimentação, da ecologia, da energia, dos materiais, das máquinas, dos transportes e mobilidade, das cidades inteligentes e da política [1].

**Esta nova revolução industrial estabeleceu-se graças a um conjunto de fatores.** Dentre eles podemos destacar as mudanças sociais, políticas, ambientais e econômicas, que envolvem o desenvolvimento e a convergência de inúmeras tecnologias, os avanços da Internet e das plataformas digitais, do poder de processamento e da inteligência artificial, da automação de processos, da ubiquidade de informações, de novos materiais e processos tecnológicos de fabricação, da nanotecnologia, biologia e fontes de energia, e do surgimento

e grandes capacidades dos sistemas autônomos e ciberfísicos [1]. Esse cenário vem abrindo inúmeras novas fronteiras de crescimento e de desenvolvimento tecnológico para as empresas, com modelos de negócios baseados em digitalização, em serviços e em produtos inovadores, de maior valor agregado e intensivos em tecnologia e dados [2].

Neste contexto, emerge a **Indústria 4.0 (I4.0)**. Introduzido em 2011 e tendo como um dos seus pilares a ideia do uso de grandes quantidades de dados como estratégia para controlar e gerenciar uma empresa com excelência em eficiência operacional (*data-driven management*), I4.0 pode ser definido como um "*modelo de produção caracterizado por uma maciça digitalização e interconexão de tecnologias, sistemas de manufatura inteligentes, produtos e serviços, em múltiplas e dinâmicas cadeias de valor, sob variados modelos de negócios, baseados na Internet das Coisas, dos Serviços e das Pessoas, para produzir bens e serviços com inteligência, eficiência e flexibilidade*" [3]. Em resumo, é um modelo que torna a produção smart. Apesar da maioria dos trabalhos sobre I4.0 serem voltados para a manufatura, sua visão serve para qualquer tipo de empresa que "produza algo", seja de processos discretos, seja de contínuos. Portanto, o modelo pode envolver vários outros setores, como o petrolífero, o cerâmico, o agrícola, o siderúrgico, o calçadista, o madeireiro, o têxtil, e o de transporte, entre muitos outros.

Há um conjunto de **tecnologias chamadas como habilitadoras** para

se atingir os objetivos da I4.0. Não são tecnologias propriamente novas, ou tampouco voltadas ou criadas especificamente para a I4.0 ou para a manufatura; as suas grandes evoluções, nos últimos anos, e os seus usos e combinações em soluções empresariais têm feito com que viabilizem tecnologicamente os potenciais da I4.0. São elas, principalmente [4]: Inteligência Artificial, Sistemas multiagente e Softbots; Sistemas Ciberfísicos e Robótica Colaborativa; Internet das Coisas (IoT) e Internet Industrial das Coisas (IIoT); Sistemas Embarcados, Autônomos e de Tempo Real; Arquiteturas Computacionais Orientadas a Serviços; Cloud Computing; Manufatura Aditiva; Big data e Ciência de Dados; Segurança Cibernética e Blockchain; Realidades virtual e aumentada, wearables; e Gêmeos Digitais, Simulação.

**A aplicação dessas tecnologias em melhorias de problemas das indústrias são as mais variadas possíveis.** Por exemplo, no uso de aprendizagem de máquina para criar padrões de inspeção em sistemas de controle de qualidade por visão artificial; o uso de robôs autônomos que separam diferentes tipos de peças numa esteira, de forma rápida e com baixíssimo nível de erro; o acompanhamento em tempo real da produção através de sensores e de dispositivos de IoT, que enviam dados para uma Nuvem e a partir dos quais se fazem inúmeras análises, previsões, e tomadas de decisões mais ágeis e precisas; o uso de impressoras 3D (manufatura aditiva) para encurtar o tempo e reduzir custos de todas as fases de desenvolvimento de

novos e mais personalizados produtos, e para produção mais rápida de peças de reposição; e o uso de big data para identificar padrões de vibrações em equipamentos a partir de milhões de informações armazenadas ao longo das suas operações [5]

Todavia, os **benefícios da I4.0 esbarram em uma série de obstáculos que precisam ser superados**, no mundo todo. No Brasil, destacam-se: o baixo nível de desenvolvimento tecnológico e de inovação das empresas desenvolvedoras de soluções I4.0 e usuárias das soluções, que nos tornam grandes importadores de tecnologias e semicondutores; a deficiente infraestrutura de telecomunicações nas diferentes regiões do país; a baixa inserção das indústrias em cadeias de valor globais; a falta de uma política industrial nacional; e a baixa qualidade e a pouca quantidade de recursos humanos capacitados nas várias tecnologias habilitadoras. Segundo levantamento do Senai, o Brasil precisará qualificar mais de 10 milhões de trabalhadores industriais (incluindo professores e instrutores) até 2023 para suprir a demanda de profissões ligadas às tecnologias habilitadoras da I4.0 [6].

**Existem várias estratégias governamentais, empresariais e acadêmicas sendo implementadas no mundo todo para atacar esses obstáculos.** Na UFSC, por exemplo, desenvolveu-se um “framework” de cooperação com empresas usuárias e desenvolvedoras de soluções para I4.0 localizadas na Grande Florianópolis. Essencialmente, o framework atua nas dimensões do

ensino, da pesquisa, e da extensão, para aumentar em várias frentes a quantidade e a qualidade de pessoas com formação em I4.0; para ajudar as empresas a aumentar seus desenvolvimentos e inovações tecnológicas; e para aumentar o nível de empreendedorismo de soluções voltadas para I4.0. Pesquisadores, empresários e alunos de graduação e pós-graduação trabalham juntos

sobre problemas atuais e de visões de futuro, assim como sobre demandas concretas das empresas. Isto ajuda a criar uma cultura sistêmica e virtuosa de colaboração e desenvolvimento na área de I4.0, contribuindo para pavimentar novos e sustentáveis modelos de negócios baseados na economia digital, inteligência e automação [7].

---

#### Referências

1. SCHWAB, K. The Fourth Industrial Revolution. Currency Books, New York, 2016.
2. DAUDT, G.; MIGUEZ, T.; WILLCOX, L. Indústria 4.0: Diagnóstico e Visão Geral do Tema, BNDES, 2018, <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/18140>
3. CAMARINHA-MATOS, L.M., FORNASIERO, R., AFSARMANESH, H. Collaborative Networks as a Core Enabler of Industry 4.0, Anais 18th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises, Springer, p. 3-17, 2017.
4. WMF. World Manufacturing Forum Report - Recommendations for the Future of Manufacturing, 2018, <https://www.worldmanufacturingforum.org/copia-di-wmf-report>
5. DUARTE, T. Cinco casos de usos de Indústria 4.0 que mudarão sua percepção, 2018, <https://www.industria40.ind.br/artigo/16512-5-casos-de-usos-de-industria-40-que-mudarao-sua-percepcao>
6. SENAI, Brasil precisa capacitar 10,5 milhões de trabalhadores até 2023, 2019, <https://agenciabrasil.etc.com.br/economia/noticia/2019-09/brasil-precisa-capacitar-105-mi-de-trabalhadores-industriais-ate-2023>
7. RABELO, R. A framework to strengthen collaboration between universities and industrial-related entities towards boosting Industry 4.0 adoption and development, Anais 22nd IFIP Working Conference on Virtual Enterprises, Springer, 2021.



**RICARDO JOSÉ RABELO** é Professor Titular do Departamento de Automação e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina. Tem mais de 200 artigos científicos. É coordenador do Programa Institucional da UFSC de Indústria 4.0 e foi o elaborador do texto-base da Estratégia Nacional da Indústria 4.0. Sua pesquisa tem focado em Indústria 4.0, Redes Colaborativas, Integração de Sistemas, Inovação, e Avaliação de Desempenho industrial.



**TÚLIO DUARTE CHRISTOFOLLETTI** é bacharel em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina (2004). É sócio da empresa HarboR Informática Industrial, sediada em Florianópolis, especializada em MES (Manufacturing Execution Systems). É diretor do cluster empresarial "Manufatura 4.0" da Associação Catarinense de Tecnologia (ACATE).