



## Engenharia de Materiais no âmbito da Indústria 4.0

*Engenharia de Materiais no âmbito da Indústria 4.0*

CHAVES JUNIOR, Wankes Solony de Carvalho<sup>1</sup>

### Resumo

A indústria 4.0 tem se mostrado substancialmente presente nas indústrias de manufatura, e seus processos podem ser associados às chamadas fábricas inteligentes, nas quais a tecnologia é utilizada para otimizar as atividades, buscando, portanto, garantir resultados precisos em comparação com empresas que não estão incluídas no modelo da indústria 4.0. O presente artigo tem como objetivo realizar uma revisão integrativa da literatura com vistas a delinear as mudanças possivelmente exigidas pela indústria 4.0 na área de engenharia de materiais para adequá-la a este cenário de uma nova revolução industrial (quarta). A operacionalização da pesquisa correspondente ao que se propõe contempla a realização de consulta nas bases de dados Capes, Google Acadêmico e Scielo por meio da informação das seguintes palavras-chave: Indústria 4.0, Quarta Revolução Industrial, Engenharia de Materiais.

**Palavras-chave:** Engenharia. Materiais. Indústria 4.0

### Abstract

Industry 4.0 has shown itself to be substantially present in manufacturing industries, and its processes can be associated with so-called smart factories, with technology used to optimize activities, seeking, therefore, to guarantee accurate results in comparison with companies that are not included. no model of industry 4.0. The objective of this article is to carry out an integrative review of the literature with a view to delineating the changes possibly required for Industry 4.0 in the area of material engineering to adapt it to this new industrial revolution (fourth) cenário. The operationalization of the research corresponding to or that is proposed contemplates the realization of consultation of the Capes, Google Academic and Science databases by means of information on the following keywords: Industry 4.0, Quarta Revolução Industrial, Engenharia de Materiais.

**Keywords:** Engineering. Materiais. Industry 4.0

## 1 Introdução

O desenvolvimento de novas tecnologias, associado ao uso crescente de mecanismos digitais, tem levado as organizações a adaptarem seus processos como forma de se destacar no mercado competitivo. Essa necessidade está relacionada ao cenário da globalização, em que as empresas buscam obter vantagens competitivas duradouras para se diferenciarem em relação aos seus concorrentes. É, portanto, a partir dessas estratégias que o processo da indústria 4.0

---

<sup>1</sup> UFPA-Universidade Federal do Pará. Mestrando em Engenharia Civil com ênfase em Materiais e Construção civil. E-mail:wankesj@gmail.com



vem ganhando destaque, sendo também chamada de quarta revolução industrial (OLIVEIRA; SIMÕES, 2016; ALMEIDA, 2019).

Segundo Stock e Seliger (2016), a indústria 4.0 pode ser caracterizada pela utilização de processos que envolvem a manipulação de máquinas gerenciadas por inteligência tecnológica, como a robótica colaborativa. Cavalcanti e Nogueira (2017), por sua vez, destacam que a indústria 4.0 tem se mostrado substancialmente presente nas indústrias de manufatura, e seus processos podem ser associados às chamadas fábricas inteligentes, nas quais a tecnologia é utilizada para otimizar as atividades, buscando, portanto, garantir resultados precisos em comparação com empresas que não estão incluídas no modelo da indústria 4.0.

Ao analisar as tecnologias aplicadas pela indústria 4.0, verifica-se que disruptividade e irreversibilidade são suas características básicas, impactando substancialmente as diversas áreas do conhecimento (CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2017; ALMEIDA, 2019), inclusive a Engenharia.

Portanto, o presente artigo tem como objetivo realizar uma revisão integrativa da literatura com vistas a delinear as mudanças possivelmente exigidas pela indústria 4.0 na área de engenharia de materiais para adequá-la a este cenário de uma nova revolução industrial (quarta).

## 2 Métodos

A operacionalização da pesquisa correspondente ao que se propõe contempla a realização de consulta nas bases de dados Capes, Google Acadêmico e Scielo por meio da informação das seguintes palavras-chave: Indústria 4.0, Quarta Revolução Industrial, Engenharia de Materiais.

Os critérios de inclusão dos textos encontrados foram os seguintes: artigos escritos em português ou inglês, publicados na íntegra em meio eletrônico; que tratem o tema “Indústria 4.0 na área de Engenharia de Materiais”. Foram excluídas dissertações e teses, bem como artigos escritos em outra língua que não o português ou o inglês. Como data-limite para as publicações, estabeleceu-se entre 2011 e 2021, para assegurar a atualidade da revisão integrativa. Entre 2 a 31 de maio de 2021, foram feitas buscas nas seguintes bases de dados: Capes, Google Acadêmico e Scielo. Na Capes, foram encontrados 104, artigos que retornaram após a informação das palavras-chave; no Google Acadêmico, 54; no Capes, 30; e no Scielo, 20.



Em uma primeira etapa do processo de coleta de dados, foi feita uma busca avançada nas bases de dados consultadas, detalhando-se os seguintes quantitativos de artigos: 34 no Google Acadêmico; 18, no Capes; e 17, no Scielo, totalizando, assim, 69 estudos. Após esse primeiro momento, foram lidos os títulos, resumos ou abstracts dos textos, tendo sido excluídos 51, das seguintes bases de dados: 41 no Google Acadêmico; 7 no Capes; e 3 no Scielo.

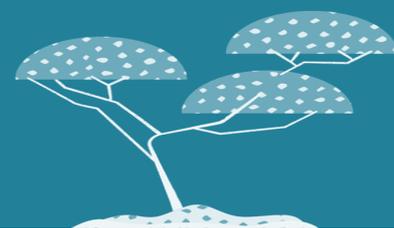
Passado esse primeiro crivo, já na segunda etapa, passou-se à leitura na íntegra dos textos selecionados. Nesse momento, foram excluídos 4 artigos, por ter sido identificada indexação em mais de uma base. Assim, computaram-se estudos duplicados em apenas uma das bases, resultando, ao final em 12 artigos, que foram incluídos na presente revisão integrativa de literatura. Os dados relativos a cada um deles estão identificados nos Quadros 1 e 2, que contemplam, respectivamente, a distribuição dos artigos selecionados, considerando-se o ano de publicação, autor(es) do texto, título, objetivo e método (tipo de estudo) (Quadro 1), e principais resultados (Quadro 2).

### 3 Resultados

Os Quadros 1 e 2 apresentam um panorama geral dos artigos selecionados para a presente revisão integrativa da literatura relativa ao tema sob análise.

Quadro 1 – Distribuição das referências incluídas na revisão integrativa, 2011-2021

Artigo/ Ano	Autor(es)	Título	Objetivo	Tipo de estudo
1/	ALMEIDA, P. R.	O Brasil e a nanotecnologia: rumo à quarta revolução industrial.	Analisar a relação entre a nanotecnologia e a quarta revolução industrial.	bibliográfico
2/	BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A.	The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies.	Elucidar sobre a segunda era da máquina e suas tecnologias.	bibliográfico
3/	CAVALCANTI, L. L.; NOGUEIRA, M. S.	Futurismo, Inovação e Logística 4.0: desafios e oportunidades.	Verificar quais os desafios e oportunidades da logística 4.0	bibliográfico
4/	HELLINGER, A.; SEEGER, H.	Cyber-Physical Systems - Driving force for innovation in mobility, health, energy and production. Acatech Position Paper.	Abordar a força motriz da inovação.	Análise documental
5/	KANG, H. S.	Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions.	Analisar pesquisas que tratam da manufatura inteligente	Revisão bibliográfica



6/	LASI, H. <i>et. al.</i>	Industry 4.0. Business and Information Systems Engineering.	Elucidar sobre a indústria 4.0 e sua relação com a engenharia de negócios	Revisão bibliográfica
7/	OLIVEIRA, T. F.; SIMÕES, W.L.	A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia.	Identificar como os estudantes de engenharia tem realizado pesquisas sobre a indústria 4.0.	Análise documental
8/	RUSSWURM, S.	Industry 4.0 - from vision to reality.	Realizar uma vasta abordagem sobre o futuro da indústria 4.0	Revisão bibliográfica
9/	SCHRÖDER, R. <i>et. al.</i>	Análise da Implantação de um Processo Automatizado em uma Empresa Calçadista: Um Estudo de Caso a Luz do Sistema Hyundai de Produção e Indústria 4.0.	Analisar o processo de implantação automatizada em uma empresa calçadista.	Estudo de caso.
10/	SCHWAB, Klaus.	A quarta revolução industrial.	Abordagem sobre os impactos causados pela quarta revolução industrial.	Bibliográfico.
11/	STOCK, T.; SELIGER, G.	Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0.	Identificar as oportunidades de manufatura sustentável na indústria 4.0.	bibliográfico
12/	VDE-DKE	The German Standardization Roadmap Industrie 4.0.	Apresentar o roteiro de padronização alemão da Indústria 4.0.	bibliográfico

Quadro 2 – Principais resultados dos artigos selecionados, 2011-2021

Artigo/Ano	Principais resultados
1/	As tecnologias aplicadas pela indústria 4.0, tem como características a disruptividade e irreversibilidade, impactando na engenharia.
2/	A rede de produção da empresa, que integra o Manufacturing Execution Systems (MES) e o Enterprise Resource Planning (ERP), são integrados à rede de produção da empresa, permitindo um gerenciamento em tempo real das informações.
3/	A indústria 4.0 está presente nas indústrias de manufatura, podendo ser associados às chamadas fábricas inteligentes, garantindo resultados precisos em comparação com empresas que não estão incluídas no modelo da indústria 4.0.
4/	Os SCFs podem ser essenciais para resolver problemas globais, sendo suportado pelo rápido desenvolvimento da tecnologia de rede global, como a Internet, e o fácil acesso às informações através da nuvem de dados.
5/	O termo indústria 4.0 é o programa criado pelo governo para apoiar a automação da produção criando maior competitividade com a indústria internacional por meio da fabricação inteligente, usando um grande conjunto de dados armazenados, chamado de Big Data.
6/	A quarta revolução industrial tem um escopo muito amplo, sendo fundamentalmente diferente das anteriores pela interação entre os domínios físico, digital e biológico.
7/	O desenvolvimento de novas tecnologias, está relacionada ao cenário da globalização, fazendo com que o processo da indústria 4.0 ganhe destaque.
8/	A indústria 4.0 permite a troca de informações com sensores e chips RFID, gerenciando integralmente o desenvolvimento, vendas, logística e outros.
9/	Os ciclos de vida do produto e produção devem ter como base um modelo unificado para atender todos os requisitos dos ciclos de contração.
10/	Os níveis exigidos de liderança e compreensão das mudanças que ocorrem são baixos diante da necessidade, de repensar nossos sistemas econômicos, sociais e políticos.
11/	A indústria 4.0 faz uso de processos que envolvem a manipulação de máquinas gerenciadas por inteligência tecnológica, como a robótica colaborativa.
12/	Os sistemas Ciber-Físicos (SCF) aumentam a funcionalidade dos processos de fábrica suportando a conexão dinâmica entre os mundos virtual e físico, com fácil acesso às informações através da nuvem de dados.



Diante do exposto, percebeu-se que os artigos selecionados abordam o assunto em voga, a indústria 4.0, destacando suas características, suas funcionalidades e suas vantagens para a engenharia.

#### 4 Análise e Discussão

De acordo com Kang *et. al.* (2016), o termo indústria 4.0 foi introduzido pela primeira vez na Alemanha na feira de Hannover em 2011. O termo, também conhecido como o programa criado pelo governo para apoiar a automação da produção e, assim, aumentar a produtividade da linha de produção, criando maior competitividade com a indústria internacional por meio da fabricação inteligente, também é conhecida como a quarta revolução industrial, caracterizada pela era da informação digital. A tecnologia da informação está se tornando a cada dia mais parte integrante dos processos industriais e as decisões são tomadas automaticamente usando um grande conjunto de dados armazenados, chamado de Big Data (FIRJAN, 2016).

O termo Indústria 4.0 inclui as expectativas da política corporativa e da prática de que a produção industrial siga a quarta revolução industrial. As três revoluções industriais anteriores alcançaram altos ganhos de produtividade causados por algumas tecnologias universais em rápida expansão, como mecanização, eletricidade e TI.

A Indústria 4.0 (I4.0) é chamada de Nova Era Industrial, caracterizada pelo uso de sistemas inteligentes com alto grau de automação e capacidade de tomada de decisão. O I4.0 vem com a crescente automação dos processos de fabricação, juntamente com o desenvolvimento da tecnologia da Internet e das tecnologias desenvolvidas no campo de objetos inteligentes (produtos e máquinas). Essa nova revolução industrial teria como seus três elementos principais: produto e rede de produtos, ciclo de vida do produto e sistemas ciberfísicos.

A rede de produção da empresa, que integra o Manufacturing Execution Systems (MES) e o Enterprise Resource Planning (ERP), aumenta o nível de automação da fábrica e permite a troca completa de informações de gerenciamento em tempo real (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2014; LASI *et. al.*, 2014; RUSSWURM, 2014).

O segundo elemento estaria relacionado à combinação dos ciclos de vida do produto e produção com base em um modelo de dados unificado. Somente dessa maneira os requisitos



decorrentes dos ciclos de contração podem ser controlados técnica e economicamente (SCHRÖDER *et. al.*, 2015; SUGAYAMA; NEGRELLI, 2015).

Os sistemas Ciber-Físicos (SCF) são uma integração entre os mundos virtual e físico. Com sensores e atuadores, o software é integrado a todas as partes do processo, permitindo troca rápida de informações, alta flexibilidade do processo e controle preciso do processo de fabricação. Os SCFs aumentam a funcionalidade dos processos de fábrica e permitem operações muito mais seguras e eficientes (VDE-DKE, 2014; NEGRELLI, 2015).

Os SCFs suportam essa conexão dinâmica entre os mundos virtual e físico e, quando usados corretamente, podem ser essenciais para resolver problemas globais, como interpretação das mudanças climáticas, problemas de segurança, saúde, gerenciamento genuíno, entre outros. Esse desenvolvimento é suportado pelo rápido desenvolvimento da tecnologia de rede global, como a Internet, e o fácil acesso às informações através da nuvem de dados (HELLINGER; SEEGER, 2011; VDE-DKE, 2014).

O objetivo do I4.0 é capitalizar o progresso feito na área de comunicação e tecnologia da informação aplicada ao ambiente industrial (VDE-DKE 2014). Para Russwurm (2014), a I4.0 tem um potencial tremendo, com produtos, ferramentas e fabricação pois significa troca de informações com sensores e chips RFID, com informações além dos limites da fábrica, com gerenciamento integrado de desenvolvimento, produção, vendas, logística e operações (SCHRÖDER *et. al.* (2015).

Existem intermediários importantes da Indústria 4.0, como mecanismos de colaboração, para aumentar a produtividade. Na literatura, na maioria dos casos, as mudanças industriais são motivadas pelo alto potencial de crescimento da produtividade, mas a própria indústria de manufatura é responsável por iniciar medidas para lucrar com as mudanças sociais e tecnológicas. No sistema de produção, as pré-condições necessárias devem ser criadas, divididas em dois níveis, alocadas no mundo cibernético ou físico e diferenciadas entre componentes rígidos ou flexíveis. Essa categorização leva a quatro premissas principais: globalização das tecnologias da informação, a única fonte de verdade, automação e cooperação (SCHUM, 2015).

A quarta revolução industrial não se refere apenas a sistemas e máquinas inteligentes e conectados. Seu escopo é muito mais amplo. Ondas de novas descobertas ocorrem simultaneamente em áreas que vão do sequenciamento genético à nanotecnologia, da energia renovável à computação quântica. O que torna a quarta revolução industrial fundamentalmente



diferente das anteriores é a fusão dessas tecnologias e a interação entre os domínios físico, digital e biológico (LASI *et. al*, 2014).

Nesta revolução, as tecnologias emergentes e as inovações generalizadas estão se espalhando mais rapidamente e mais amplamente do que nas anteriores, que continuam ocorrendo em algumas partes do mundo (NEGRELLI, 2015).

Segundo Schwab (2016), existem duas grandes preocupações sobre os fatores que podem limitar a realização efetiva e consistente da quarta revolução industrial. Antes de tudo, o autor acredita que os níveis exigidos de liderança e compreensão das mudanças que ocorrem em todos os setores são baixos diante da necessidade, em resposta à quarta revolução industrial, de repensar nossos sistemas econômicos, sociais e políticos (SCHWAB, 2016).

Consequentemente, ainda segundo Schwab (2016), em nível nacional e global, a estrutura institucional necessária para governar a disseminação de inovações e mitigar distúrbios é, na melhor das hipóteses, inadequada e, na pior, totalmente ausente.

Em segundo lugar, o autor afirma que o mundo carece de uma narrativa coerente, positiva e comum que descreva as oportunidades e os desafios da quarta revolução industrial, ou uma narrativa essencial, se queremos fortalecer um grupo heterogêneo de indivíduos e comunidades e evitar uma reação popular contra mudanças fundamentais em andamento (SCHWAB, 2016).

Segundo Schwab (2016), existem três objetivos para isso: (a) conscientizar as pessoas sobre o tamanho, a velocidade e o impacto da revolução; (b) delinear respostas possíveis; (c) e fornecer plataforma para parcerias público-privadas para enfrentar desafios e desbloquear oportunidades. A revolução digital está levando a profundas mudanças nos hábitos de consumo dos clientes, incluindo o aumento do acesso aos dados e a crescente evolução das novas tecnologias. Tudo isso exige uma profunda reavaliação dos modelos de negócios atuais.

A alavanca básica para que se possa transformar o modelo de negócios é a Data Science, que se baseia no uso combinado de técnicas de aprendizado de máquina, inteligência artificial, matemática, estatística, bancos de dados e otimização.

## 5 Considerações Finais



A partir do que foi aqui abordado, pode-se entender que o avanço da tecnologia em máquinas, equipamentos e *softwares* tem tornado cada vez mais acirrada a competição. A cada dia, as empresas, indústrias e setores buscam otimizar os processos de produção, bem como reduzir os seus custos, com vistas a manter e conquistar novos clientes. Assim, tem-se a indústria 4.0 que se refere à quarta revolução industrial, e foi originada de um projeto de estratégia de alta tecnologia do governo alemão, promovendo a informatização de uma indústria.

Elucidou-se que na indústria 4.0, as tomadas de decisão podem ser mais assertivas e de forma autônoma, sempre baseadas em dados internos (dentro da fábrica) e externos (fora da fábrica). Seu crescimento se deu pelo avanço exponencial da capacidade dos computadores, o Big data e novas estratégias de inovação como pesquisas, pessoas e tecnologias.

## Referências

ALMEIDA, P. R. O Brasil e a nanotecnologia: rumo à quarta revolução industrial. 2005. **Espaço Acadêmico**, Maringá, a. VI, n. 52, set. 2019.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. **WW Norton & Company**, p. 420–421, 2014.

CAVALCANTI, L. L.; NOGUEIRA, M. S. Futurismo, Inovação e Logística 4.0: desafios e oportunidades. **VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**, 2017.

FIRJAN. FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO RIO DE JANEIRO – FIRJAN. **Panorama da Inovação: Indústria 4.0**. Rio de Janeiro: DIN/GIE, 2016.

GUEDES, V. L. S.; BORSCHIVER, S. Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. **Anais do Encontro Nacional de Ciência da Informação**, Salvador, 2005.

HELLINGER, A.; SEEGER, H. Cyber-Physical Systems - Driving force for innovation in mobility, health, energy and production. **Acatech Position Paper, National Academy of Science and Engineering**, n. December, p. 48, 2011.

KANG, H. S. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, v.3, n. 1, p. 111-128, 2016.

LASI, H. *et. al.* Industry 4.0. **Business and Information Systems Engineering**, v. 6, n. 4, p. 239–242, 2014.



OLIVEIRA, T. F.; SIMÕES, W.L. A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia. **Simpósio de Engenharia de Produção**, 2016.

RUSSWURM, S. Industry 4.0 - from vision to reality. **Background Information**, p. 1, 2014.

SCHRÖDER, R. *et. al.* Análise da Implantação de um Processo Automatizado em uma Empresa Calçadista: Um Estudo de Caso a Luz do Sistema Hyundai de Produção e a Indústria 4.0. **Revista Espacios**, Caracas, v. 36, n. 18, p. 19, 2015.

SCHUM, T. POTENTE, C. WESCH-POTENTE, A. WEBER, J. PROTE, Collaboration Mechanisms to Increase Productivity in the Context of Industrie 4.0, *In: Procedia CIRP*, Volume 19, pages 51-56, ISSN 2212-8271, 2015.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. **Procedia Cirp**, v. 40, p. 536-541, 2016.

SUGAYAMA, R.; NEGRELLI, E. Connected vehicle on the way of Industry 4.0. **Anais do XXIV Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva - SIMEA 2016**, p. 48-63, 2015.

VDE-DKE. The German Standardization Roadmap Industrie 4.0. **Vde Association for Electrical, Electronic & Information Technologies**, p. 1-60, 2014.