

# QUAIS AS TECNOLOGIAS E SEGMENTOS COM MAIOR POTENCIAL PARA O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO NACIONAL DA INDÚSTRIA 4.0?



Lucas Varjão Motta  
Kamila Aben Athar

## OPORTUNIDADES E DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

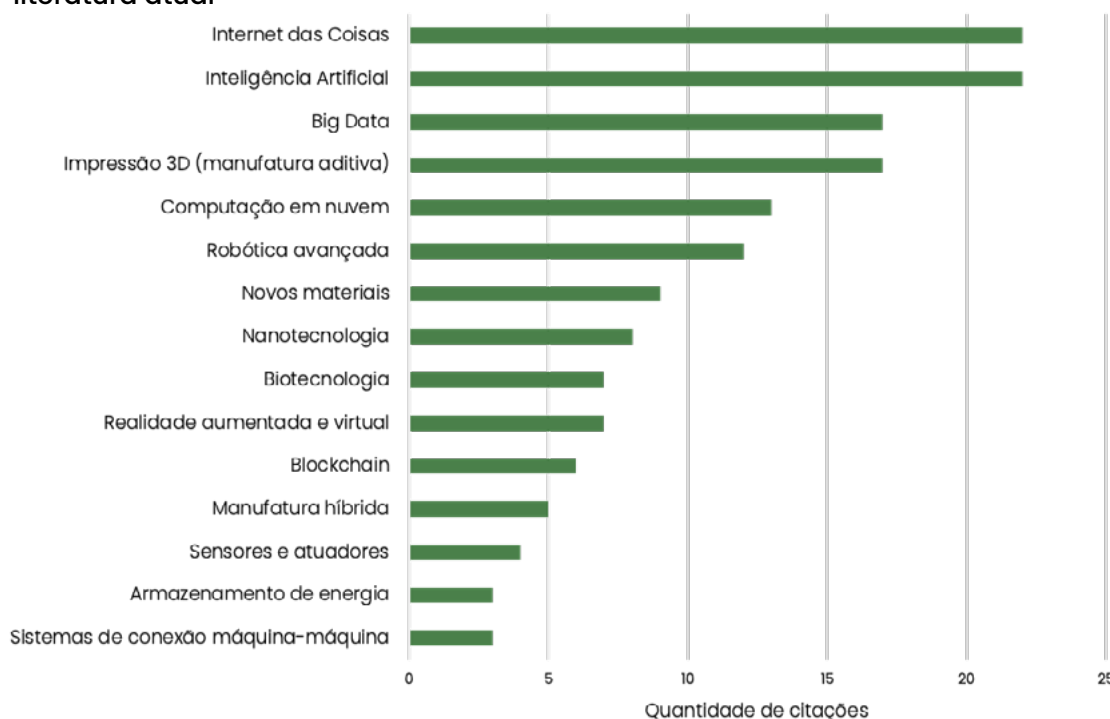
A indústria 4.0 tem o potencial de transformar e revolucionar as instituições, os processos e as dinâmicas atuais, oferecendo soluções para importantes desafios que impactam diretamente na produtividade industrial nacional. Para além dos efeitos na economia, o desenvolvimento e a adoção de tecnologias avançadas têm o potencial de melhorar o bem-estar de maneira mais ampla, incluindo uma produção mais verde e sustentável<sup>1</sup>.

Na visão de diversos institutos nacionais e internacionais, os benefícios da adoção de tecnologias 4.0 decorrem principalmente de ganho de eficiência, descentralização dos controles dos processos produtivos, maior segurança industrial, otimização organizacional, eficiência no uso de insumos, aumento da produtividade, otimização logística, diminuição dos custos, preparação da força de trabalho e novos modelos de negócios.

**Muito embora diversos sejam os potenciais benefícios, as empresas brasileiras ainda têm um longo caminho a percorrer tanto no conhecimento e adoção dessas tecnologias quanto no nível de complexidade das aplicações já em curso no ambiente das empresas.**

Aplicações ao nível de tornar alguns processos repetitivos mais eficientes, ou de interligar alguns processos principais da empresa, demonstram que existe alguma adoção por parte de empresas brasileiras, mas que grandes benefícios proporcionados pela otimização automática de processos ou pela análise integrada de indicadores em diferentes níveis do processo ainda precisam ser alcançados. A adoção de tecnologias para o consumo e disponibilização dessas informações devem se intensificar nos próximos anos, em grande medida por demanda dos elos finais das cadeias produtivas.

### Gráfico 1. Principais oportunidades provenientes das novas tecnologias na literatura atual



Fonte: Elaboração própria, com base em relatórios do MCTI, ME, BNDES, IEDI, IEL, FIRJAN, CNI, OECD, UNIDO, Deloitte, McKinsey, PwC e Forbes.

Em contrapartida, a aceleração dessa tendência de adoção passará por ao menos três importantes dimensões das empresas (gerencial, recursos humanos e tecnologia). Assim, precisa-se atacar alguns dos principais entraves da indústria 4.0 no país: o desconhecimento sobre as tecnologias; a percepção de altos custos de investimento; e a indisponibilidade de mão de obra qualificada e infraestrutura tecnológica insuficiente. A dificuldade poderia afetar muitos se o deslocamento da mão-de-obra ocorresse em um setor importante ou em muitos setores simultaneamente. Nesse sentido, ressalta-se que se exigirá um crescimento liderado pela inovação e pelo gerenciamento cuidadoso da força de trabalho, bem com outras transições relacionadas à adoção e difusão de tecnologia<sup>2</sup>.

Portanto, apesar de parecerem ser uma tendência inevitável para a indústria nacional<sup>3</sup>, há desafios a serem superados para que haja plena aplicação, dentre os quais destacam-se: deslocamento da mão de obra, a integração de startups, centros de P&D, treinamentos e serviços tecnológicos, capacitação de pessoas e empresas e fortalecimento de instrumentos de apoio, estes citados em pelo menos um terço dos documentos, conforme o gráfico abaixo.

**Gráfico 2. Principais desafios relativos às novas tecnologias na literatura atual**



Fonte: Elaboração própria, com base nos relatórios do MCTI, IEDI, CNI, IEL, SEBRAE, FIRJAN e UNIDO.

Por fim, destaca-se aqui a situação das micro e pequenas empresas. Por um lado, evidencia-se um agravamento na situação das MPes brasileiras, visto que a maioria delas trabalha nos limites da 2ª Revolução Industrial, isto é, com pouco ou quase nenhum aproveitamento das tecnologias digitais<sup>4</sup>. Por outro lado, as MPes apresentam vantagens singulares que podem ser aproveitadas para ajudar a superar desafios e impulsionar a inovação na 4ª Revolução Industrial, sendo eles: seu tamanho organizacional simples que oferece maior flexibilidade, bem como o seu modelo operacional que permite a agilidade de processos. Sendo assim, impulsionar o processo de adaptação dessas empresas frente à indústria 4.0 é fundamental para se entender holisticamente o potencial transformacional dessa nova fase no país.



## NICHO E SEGMENTO

**O processo de digitalização ganha cada vez mais centralidade e importância para a indústria brasileira. Isso se dá a partir do entendimento de que as novas tecnologias emergentes geram impactos diferentes sobre os mais diversos setores industriais e, assim, a capacidade de absorção das novas tecnologias acaba por gerar efeitos sobre a competitividade das firmas e seus setores de atuação.**

Ainda que não haja consenso sobre como definir competitividade ao nível setorial, há indícios de uma forte relação entre competitividade com produtividade e comércio internacional<sup>5</sup>. Tendo em vista essa relação, analisa-se o desempenho competitivo setorial do Brasil medido por dois tipos de indicadores: o primeiro relacionado a intensidade tecnológica e o segundo relacionado a comércio internacional.

Morceiro (2018) aponta que os setores de maior proporção P&D sobre PIB no Brasil estão alocados no grupo de maior intensidade tecnológica, com exceção do setor de Metalurgia de metais não-ferros e a fundição, classificado como de menor intensidade tecnológica. Adicionalmente, ao comparar a relação P&D sobre o PIB entre Brasil e OCDE, Morceiro (2018) identifica que há setores brasileiros que aplicam uma taxa mais elevada que aquela utilizada pela média dos países da OCDE, diga-se: “Químicos”; “Metalurgia”; “Agropecuária”; “Indústria extrativa”; “Eletricidade, gás, água, esgoto e limpeza urbana”.<sup>6</sup>

Utilizando dados da OCDE Stat<sup>7</sup> sobre comércio internacional e balanço de pagamentos durante o período de 2005 a 2016, verifica-se um resultado expressivo do setor de “Produtos Alimentícios, Bebidas e Produtos Do Fumo” (relação de valor agregado sobre exportação de 12,4%); “Metalurgia” (6,32%); “Veículos Automotores, Reboques e Carrocerias” (4,75%); “Químicos E Produtos Farmacêuticos” (3,27%); e “Máquinas e Equipamentos” (2,67%). A tabela abaixo apresenta um resumo dos setores destacados segundo variáveis de análise selecionadas. Os setores de Químicos e Metalurgia se mostram como os de destaque em todas as variáveis,

seguido pelo setor de “Automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças” com destaque nos quesitos de Intensidade Tecnológica e Agregação de Valor às exportações. Ressalta-se aqui que os dados apresentados, em especial para variáveis relacionadas com os gastos em P&D, não indicam a relevância da qualidade ou do conteúdo que está sendo pesquisado, de forma que, para definição de políticas públicas, pode ser interessante caracterizar os setores quanto a esses critérios adicionais..

**Tabela 1. Setores destacados segundo variáveis de Fronteira tecnológica, Intensidade Tecnológica (P&D sobre PIB) e Agregação de Valor (Valor agregado doméstico sobre as exportações)**

Indústria	Fronteira Tecnológica (Brasil e OCDE)	Intensidade tecnológica (P&D sobre PIB)	Agregação de Valor (Valor adicionado sobre exportações)
Químicos	X	X	X
Metalurgia	X	X	X
Outros equipamentos de transporte, exceto veículos		X	
Limpeza, cosméticos/ perfumaria e higiene pessoal		X	
Equipamentos de informática		X	
Eletrônicos e ópticos		X	
Automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças		X	X
Produtos alimentícios, bebidas e produtos do fumo			X

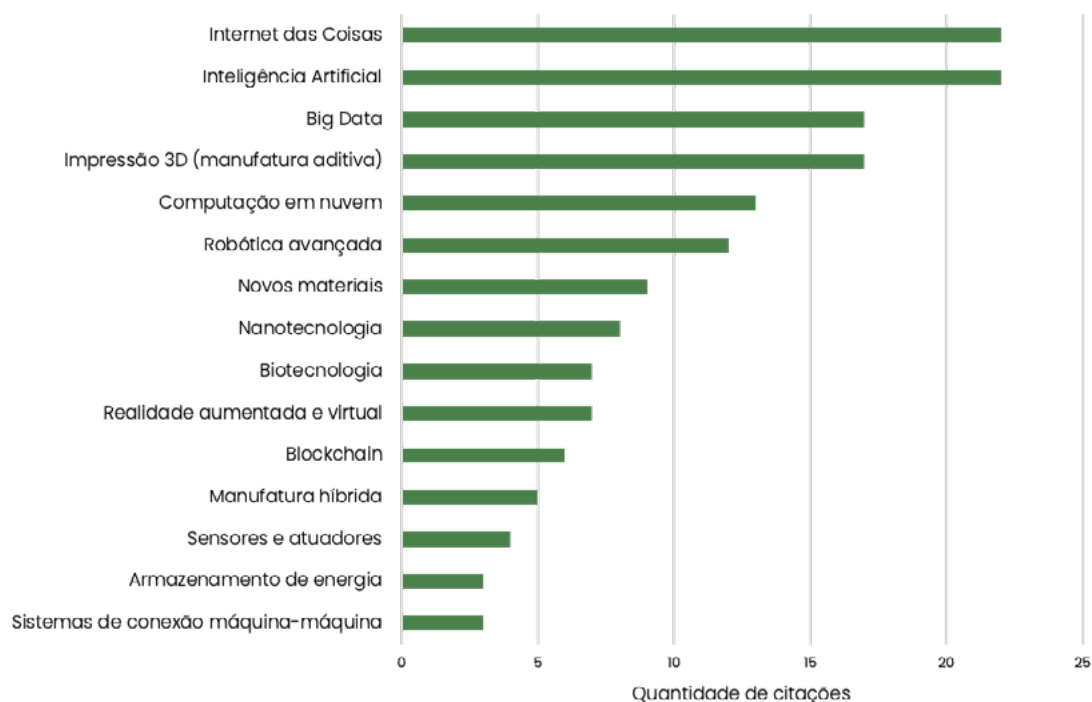
Fonte: Elaboração própria.

## AS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS EMERGENTES DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

No que se refere às novas tecnologias, o processo de desenvolvimento delas não se iniciou agora, mas sim nas últimas décadas. Entretanto, a fase tida como mais promissora é a atual. A partir delas, foi possível trazer um novo modelo de fábrica que mudou os paradigmas dos modelos de produção, organização e negócios. Sendo assim, identifica-las também constitui em atividade necessária para explorar seus potenciais no país.

Com base na revisão de literatura realizada em 30 relatórios, verifica-se que as tecnologias com maior índice de citação são: internet das coisas, inteligência artificial, big data, manufatura aditiva (impressão 3D), computação em nuvem e robótica avançada, citadas em ao menos um terço dos documentos, conforme mostra o seguinte gráfico.

**Gráfico 3. Comparação da frequência de citação das tecnologias da indústria 4.0 na literatura atual**



Fonte: Elaboração própria, com base em relatórios do MCTI, CNI, BNDES, IEL, UNIDO, World Bank, WEF, OECD, KMPG, ECLAC, Deloitte, McKinsey, PwC, Accenture Strategy, BID, Sebrae e SENAI.

A partir da identificação dos setores com maior capacidade e maior potencial exportador na seção anterior, busca-se traçar quais são as tecnologias que se destacam em cada setor, entendendo suas particularidades e desenvolvimentos. No setor de Químicos, o uso de machine learning e advanced analytics na simulação de experimentos; da impressão 3D no mercado de termoplásticos de alta performance; de big data e ferramentas analíticas no desenvolvimento de soluções integradas a partir de dados de fornecedores, chão de fábrica, vendas, marketing, P&D e de terceiros; e da biotecnologia em aplicações mais eficientes de matérias-primas biológicas se destacam. No setor de Metalurgia, tecnologias como o IoT industrial, inteligência artificial, sistemas de sensoriamento, e robótica e automação podem viabilizar a redução de riscos e de seu impacto ambiental, visto que é um dos principais setores que emite gases de efeito estufa (GEE). No setor de Outros Equipamentos de Transporte, Exceto Veículos, destacam-se as tecnologias que permitem a integração vertical, como são os casos dos sistemas

integrados MES, SCADA e ERP, e dos sensores, atuadores e CLP; tecnologias que promovem eficiência energética; tecnologias que rastreiam matérias-primas e produtos finais; produtos inteligentes passivos, que viabilizam a conectividade, monitoramento e controle; tecnologias de trabalho, como monitoramento remoto e robôs colaborativos; tecnologias de cadeia de valor, como plataformas digitais com outras empresas; e computação em nuvem como base tecnológica.

No setor de Equipamentos de Informática, além da otimização do processo e energia, da importância de cybersecurity e da sinergia entre mobilidade, cloud, sensores e segurança, há muito espaço para o crescimento de outras tecnologias no país. No setor de Eletrônicos e Ópticos, destacam-se o potencial de uso das novas tecnologias na automação de domicílios e escritórios, nos projetos de carro inteligente, na área da saúde, nas cidades inteligentes (smart cities), nas vendas, no setor de produção e logística, no setor de energia, e em outros setores importantes nacionais, como agricultura e pecuária, construção, e entretenimento e mídia. No setor de Automóveis, Caminhões e Ônibus, Exceto Peças, destacam-se a conectividade e data analytics como plataforma para novos modelos de negócio, ciclos de inovação mais curtos, customização como armas de fidelização, a sobreposição da “internet do comportamento” em relação à “internet das coisas” e os recursos de proteção contra os ataques cibernéticos e invasões. No setor de Produtos Alimentícios, Bebidas e Produtos do Fumo, tecnologias como sensores, veículos autônomos, big data, análise em nuvem, inteligência artificial e IoT podem impulsionar a segurança e qualidade dos alimentos, garantir a rastreabilidade e transparência em toda a cadeia de valor da fabricação de alimentos, autodiagnosticar um problema podem reduzir o tempo de inatividade, bem como entender as irregularidades de operação entre as máquinas.

Portanto, a partir dos resultados encontrados, indica-se que as principais oportunidades identificadas são ganhos de eficiência, descentralização dos controles dos processos produtivos, maior segurança industrial, otimização organizacional, eficiência no uso de insumos, aumento da produtividade, otimização logística, diminuição dos custos, preparação da força de trabalho e novos modelos de negócios. Já os principais desafios identificados são deslocamento da mão de obra, integração de startups, centros de P&D, treinamentos e serviços tecnológicos, capacitação de pessoas e empresas e fortalecimento dos instrumentos de apoio. Por sua vez, os principais nichos identificados são químicos, metalurgia, automóveis, caminhões e ônibus, exceto peça, petróleo e gás, farmacêutica, têxtil e confecção, alimentos e bebidas, agroindústria, e aeroespacial e defesa. Finalmente, ressalta-se que no Brasil, a realidade de uso das tecnologias tem sido primordialmente para tornar processos repetitivos mais eficientes e que usos mais avançados ainda não são realidade em vários setores da indústria do país. Evidencia-se que ainda há tendência dominante de que as empresas brasileiras não têm percepção sobre o potencial das tecnologias em seus negócios, o que acaba por restringir o uso dessas tecnologias emergentes no âmbito de soluções mais superficiais e não estruturais.



## Lucas Varjão Motta

Lucas Varjão Motta é doutor em Economia, pelo Pimes/UFPE (2017), com experiência em análises microeconômicas nas áreas de teoria dos jogos, leilões, *antitrust* e inovação. Atualmente, trabalha no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) com temáticas de Inovação.



## Kamila Aben Athar

Kamila Aben Athar é Graduada em Relações Internacionais, pela Universidade de Brasília (UnB), e trabalha no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). É Fundadora e Coordenadora-Geral do Grupo de Estudos sobre China (GECHINA-ASIALAC) da UnB.





## NOTAS E REFERÊNCIAS

- 1** Organisation for Economic Co-Operation and Development [OECD], 2017. The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business. Paris: OECD Publishing, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1787/9789264271036-en>>; United Nations Industrial Development Organization [UNIDO], 2019. Bracing for the New Industrial Revolution: Elements of a Strategic Response. Vienna: United Nations Publications, 2019, 20 p. Disponível em: <[https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-06/UNIDO\\_4IR\\_Strategy\\_Discussion\\_Paper.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-06/UNIDO_4IR_Strategy_Discussion_Paper.pdf)>.
- 2** BUGHIN, Jacques et al. Tech for good: Smoothing disruption, improving well-being. Bruxelas: McKinsey Global Institute, 2019, 80 p. Disponível em: < <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/future%20of%20organizations/tech%20for%20good%20using%20technology%20to%20smooth%20disruption%20and%20improve%20well%20being/tech-for-good-mgi-discussion-paper.pdf>>.
- 3** DAUDT, Gabriel; MIGUEZ, Thiago; WILLCOX, Luiz D. Indústria 4.0. Brasília: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2018, 10 p. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/18140>>
- 4** Brasil, Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações. Profuturo: produção do futuro, 2017, 68 p.
- 5** Centre for European Economic Research (ZEM); Austrian Institute of Economic Research (WIFO). Measuring Competitiveness. Bruxelas: European Commission, 2017. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/28181/attachments/1/translations/en/renditions/pdf>>
- 6** MORCEIRO, Paulo César. A indústria brasileira no limiar do século XXI: uma análise da sua evolução estrutural, comercial e tecnológica. Tese de Doutorado, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2018, 198 p. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/331555725\\_A\\_industria\\_brasileira\\_no\\_limiar\\_do\\_seculo\\_XXI\\_uma\\_analise\\_da\\_sua\\_evolucao\\_estrutural\\_comercial\\_e\\_tecnologica](https://www.researchgate.net/publication/331555725_A_industria_brasileira_no_limiar_do_seculo_XXI_uma_analise_da_sua_evolucao_estrutural_comercial_e_tecnologica)>
- 7** ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Trade in Value Added (TiVA), 2020a. Disponível em: <[https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TIVA\\_2018\\_C1#](https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TIVA_2018_C1#)> Acesso em setembro de 2020.  
  
ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). BTDiXE Bilateral Trade in Goods by Industry and End-use, 2020b. Disponível em: <<https://stats.oecd.org/#>>. Acesso em setembro de 2020.