

IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 NO SETOR AUTOMOTIVO.

THIAGO MONTEIRO BORGES DA SILVA¹
MARIÂNGELA FERREIRA FUENTES MOLINA²

RESUMO

A Indústria 4.0, ou Quarta Revolução Industrial, é caracterizada pela digitalização e automatização de processos antes exercidos de forma manual e mecânica, conectando dispositivos e máquinas através da Internet das Coisas, Big Data e Inteligência Artificial, buscando uma maior autonomia e eficiência. Um dos desafios que essa nova indústria enfrenta no setor automotivo é a dificuldade de adaptação às infraestruturas já existentes e a escassez de mão de obra qualificada para lidar com as tecnologias demandadas. Porém, após a superação desses obstáculos, os ganhos qualitativos e quantitativos que o setor pode obter compensam as dificuldades iniciais, como a automação de processos, a eficiência nas linhas de produção e o melhor tratamento de dados, além dos benefícios econômicos e operacionais. No entanto, não é claro o quanto a Indústria 4.0 tem influenciado o setor automotivo, fazendo-se necessário um estudo sobre como esse setor vem se moldando a essa nova realidade tecnológica. O objetivo desta pesquisa é realizar um levantamento sobre os impactos da Indústria 4.0 no setor automotivo, bem como os desafios e as oportunidades provenientes dessas novas tecnologias, através de um estudo aprofundado, de caráter exploratório e bibliográfico, com base em materiais publicados em plataformas de artigos científicos e revistas especializadas.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Internet das Coisas (IoT); Setor automotivo.

ABSTRACT

Industry 4.0, or the Fourth Industrial Revolution, is characterized by the digitalization and automation of processes that were previously performed manually and mechanically, connecting devices and machines through the Internet of Things, Big Data, and Artificial Intelligence in pursuit of greater autonomy and efficiency. One of the challenges this new industry faces in the automotive sector is the difficulty of adapting to existing infrastructures and the shortage of qualified labor to handle the required technologies. However, after overcoming these obstacles, the qualitative and quantitative gains that the sector can achieve outweigh the initial difficulties, such as process automation, production line efficiency, and improved data management, in addition to economic and operational benefits. Nevertheless, it is not yet clear how much Industry 4.0 has influenced the automotive sector, making it necessary to study how this industry has been adapting to this new technological reality. The aim of this research is to survey the impacts of Industry 4.0 on the automotive sector, as well as the challenges and opportunities arising from these new technologies, through an in-depth

¹Graduando em Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Faculdade de Tecnologia de Mogi das Cruzes - FATEC-MC. - E-mail: thiago.silva482@fatec.sp.gov.br

²Docente, Faculdade de Tecnologia de Mogi das Cruzes – FATEC-MC.

exploratory and bibliographic study based on materials published in scientific article platforms and specialized journals.

Key words: Automotive Sector; Industry 4.0; Internet of Things (IoT).

INTRODUÇÃO

A procura por veículos vem crescendo expressivamente, não apenas nas grandes metrópoles, mas também em áreas rurais e regiões menos urbanizadas. Essa tendência pode ser associada a diversos fatores, como a expansão das áreas urbanas, a melhoria das condições de infraestrutura rodoviária e o desejo crescente de maior autonomia e conforto no transporte individual.

Atualmente, imaginar as metrópoles brasileiras sem a presença de automóveis configura-se como uma perspectiva pouco plausível. Os veículos tornaram-se parte integrante do estilo de vida moderno. Em dezembro de 2023, segundo dados do Ministério da Infraestrutura, por meio da Secretaria Nacional de Trânsito (Senatran), o estado de São Paulo contabilizava 33,2 milhões de veículos (Ministério da Infraestrutura, 2023). Esse número corresponde a aproximadamente 74,7% da população paulista, uma vez que, de acordo com o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023), o estado possuía 44,4 milhões de habitantes. Com o crescimento populacional contínuo, é natural que a demanda por veículos tenha se intensificado, o que exige maior produção de frotas pela indústria automotiva.

Com o advento da chamada Indústria 4.0, abre-se um leque de oportunidades para o setor automotivo, permitindo que se reinvente e colha benefícios significativos. A Indústria 4.0, caracterizada pela inclusão de tecnologias avançadas como a Internet das Coisas (IoT), Big Data, Sistemas Ciberfísicos e Objetos Inteligentes (Junior et al., 2018), vem transformando profundamente a forma como os veículos são projetados, fabricados e utilizados.

Segundo Morais e Monteiro (2016), a Indústria 4.0 surge como um conjunto de inovações de ruptura que exerce grande impacto nos conceitos de operações. Nesse

contexto, destacam-se as chamadas Fábricas Inteligentes (*Smart Factory*), que integram máquinas, pessoas e Big Data em um ecossistema digitalmente conectado.

Diante desse cenário, o presente estudo busca analisar os principais conceitos e características dessa nova revolução industrial, seus componentes tecnológicos e, a partir de uma análise focada na indústria automotiva, explorar os impactos que essas inovações têm gerado nas cadeias produtivas. Assim, pretende-se compreender de que forma a Indústria 4.0 está moldando o futuro da mobilidade, bem como os desafios e oportunidades que emergem para esse setor.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa é de caráter exploratório, de natureza bibliográfica, documental e descritiva, fundamentada em trabalhos publicados sobre o tema na plataforma Google Acadêmico, bem como em dados estatísticos provenientes de órgãos oficiais.

O desenvolvimento do estudo ocorreu em três etapas principais. A primeira consistiu na análise da relevância da indústria automotiva no cenário global, destacando a evolução do setor e seus impactos nas economias e em outras indústrias. A segunda etapa concentrou-se na conceituação dos principais aspectos da Indústria 4.0, ressaltando as inovações tecnológicas que redefiniram os processos produtivos e inauguraram uma nova era industrial marcada pela conectividade e integração de sistemas. Por fim, a terceira etapa apresentou os principais desafios e oportunidades relacionados à Indústria 4.0 no setor automotivo, com ênfase na transição para fábricas inteligentes e na adaptação às novas tecnologias.

REFERENCIAL TEÓRICO

Indústria Automotiva

O automóvel, enquanto elemento sociotécnico característico do século XX, movimentou mercados globais, cadeias de produção legais e ilegais, infraestruturas

públicas e privadas, bem como sistemas logísticos de elevada complexidade (Freire-Medeiros et al., 2020).

Além de exercer forte impacto nas estruturas econômicas e logísticas globais, o automóvel desempenha papel crucial na construção de significados culturais e na rotina diária dos indivíduos, transcendendo sua função prática.

Costa (2021) destaca que os veículos transmitem aos condutores a sensação de conforto e bem-estar, sendo os automóveis considerados como máquinas de liberdade, energia, conquista e poder. Este apelo emocional e simbólico dos automóveis evidencia sua importância no dia a dia, favorecendo a demanda em ascensão por veículos. Segundo dados da Organização Internacional de Fabricantes de Veículos Motorizados (OICA, 2023), em 2023, as vendas/registros globais de novos veículos atingiram 73 milhões.

Esse cenário demonstra que os veículos não se consolidaram apenas como meio de transporte e locomoção, mas também como um símbolo de status e transformação social, impactando a estrutura urbana, as práticas de consumo e a identidade individual. À medida que a indústria automotiva continua em uma tendência crescente, com vendas globais significativas, ela corrobora seu papel indiscutível tanto no crescimento econômico quanto na construção cultural.

A indústria automotiva exerce relevantes encadeamentos produtivos sobre diversos setores e possui grande importância para a economia global, movimentando cerca de US\$ 2,5 trilhões por ano. Devido a esse volume e ao seu alto efeito multiplicador, essa indústria é responsável por cerca de 10% do PIB nos países desenvolvidos. Além disso, 50% da produção global de borracha, 25% da de vidro e 15% da de aço são destinados, em grande parte, a essa indústria. O setor emprega diretamente mais de 8 milhões de pessoas e, para cada emprego direto, mais de cinco empregos indiretos são gerados, incluindo o setor de autopeças (Casotti; Goldenstein, 2008).

Esses dados evidenciam a importância deste setor no contexto global, não apenas pela contribuição direta para o Produto Interno Bruto (PIB) das nações, mas também pela sua habilidade de estimular outros segmentos da economia.

Essa relevância, entretanto, é acompanhada de desafios. Wrobel e Sidzina (2021) apontam desafios como: mudanças demográficas na sociedade; a permanente variabilidade dos processos tecnológicos e a crescente complexidade dos produtos; padronização dos processos de fabricação; curta vida operacional dos produtos; alta flexibilidade das linhas de fabricação; implementação de tecnologia da informação e tecnologia de comunicação entre fábricas inteligentes cooperantes; autonomia das linhas de fabricação; capacidade de autocontrole de operação das linhas; rastreabilidade da qualidade e parâmetros dos produtos manufaturados, e novas propriedades de materiais usados para fabricar os produtos.

A Indústria 4.0 surge como resposta a muitos desses desafios. Segundo Cordeiro et al. (2017), a combinação de áreas e a possibilidade de automatizar processos tornam as ferramentas desenvolvidas na Indústria 4.0 úteis às indústrias, pois reduzem a rigidez das cadeias produtivas, tornando mais ágil e dinâmica a customização de produtos.

Indústria 4.0

A quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, teve seu termo utilizado pela primeira vez em 2011, oriundo de um projeto de estratégias do governo alemão voltado para a tecnologia (Santos et al., 2018). Segundo Sacomano et al. (2018), o projeto denominado Plataforma Indústria 4.0 (*Plattform Industrie 4.0*), tinha como objetivo desenvolver tecnologias que permitissem a comunicação entre sistemas automatizados, máquinas e seres humanos, com vistas a otimizar os processos produtivos. Em 2013, a iniciativa começou a ser divulgada por associações, empresas e instituições acadêmicas, sendo relançada em 2015 como um programa do governo alemão.

Nos Estados Unidos (EUA) e em outros países, iniciativas semelhantes podem ser encontradas sob diversas denominações, como *Cyber Physical System* (CPS), *Smart Factory*, *Smart Production*, *Machine to Machine* (M2M), *Advanced Manufacturing*, *Internet of Things* (IoT), *Internet of Everything* (IoE) e *Industrial Internet* (Santos et al., 2018).

A Indústria 4.0 pode ser compreendida como a evolução natural dos sistemas industriais anteriores, desde a mecanização do trabalho no século XVIII até a automação contemporânea. Trata-se de uma revolução caracterizada pela aplicação generalizada de tecnologias avançadas na produção, visando trazer novos valores e serviços tanto para os clientes quanto para as organizações (Santos et al., 2018).

Suas principais características incluem elevado grau de automação, tomada de decisão autônoma e integração da IoT e da *Internet of Services* (IoS) aos processos de manufatura (Santos et al., 2018). Segundo Pereira e Simoneto (2018, p.3), a Indústria 4.0 está intimamente relacionada aos CPS. E no cerne dessa transformação, CPS compreendem objetos “inteligentes” (máquinas, produtos ou dispositivos) que trocam informações de forma autônoma, funcionando em colaboração com o mundo físico ao seu redor (Santos et al. 2018).

Drath e Horch (2014) apresentam hipóteses que auxiliam no entendimento do CPS:

- A comunicação em sistemas de produção tende a se tornar cada vez mais simples devido à maior disponibilidade de infraestrutura, permitindo que seja realizada em qualquer lugar e apoiando serviços de engenharia, configuração, diagnósticos e operação. Essa tendência, segundo os autores, é imparável e não depende de imposição externa;

- Dispositivos de campo, máquinas, fábricas e até mesmo produtos individuais estarão conectados a redes, como a Internet, possibilitando o armazenamento de dados em tempo real, acessíveis e analisáveis a partir de qualquer lugar;

- Esses mesmos dispositivos também terão a capacidade de armazenar documentos e conhecimento sobre si próprios na rede, fora de sua estrutura física,

permitindo atualizações constantes e até funcionalidades adicionais, como negociações automatizadas.

As fábricas inteligentes (*smart factories*) buscam criar produtos, processos e procedimentos mais eficientes e autônomos. Caracterizam-se por plantas industriais capazes de lidar com complexidades elevadas e menos sujeitas a falhas, onde humanos e máquinas interagem de forma fluida e contínua, como em uma verdadeira rede social integrada. (Pereira; Simoneto, 2018).

Rüßmann et al. (2015) afirmam que a predição de falhas, a autoconfiguração e a adaptação a mudanças são características essenciais da Indústria 4.0, possibilitadas pela conexão entre sensores, ambientes de trabalho, máquinas e sistemas de TI por meio de protocolos de Internet, resultando em maior eficiência e redução de custos nos processos.

Pereira e Simoneto (2018) apresentam os 9 pilares tecnológicos que sustentam a Indústria 4.0. Os pilares tecnológicos são:

- Big data e análise de dados: coleta e análise de grandes volumes de dados provenientes de equipamentos, sistemas de gestão e clientes, permitindo decisões em tempo real. Segundo Tamás e Illés (2016), o Big Data aplica métodos matemáticos a grandes conjuntos de dados, possibilitando decisões sem o conhecimento completo das causas. Na Indústria 4.0, o Big Data integra-se à Internet das Coisas (IoT) e aos Sistemas Físico-Cibernéticos (CPS), otimizando processos, reduzindo custos e promovendo manutenção preditiva (Rüßmann et al., 2015);
- Robôs autônomos: robôs cada vez mais independentes, capazes de operar em conjunto com humanos de forma segura, eficiente e com custos reduzidos. Bekey (1998) define esses robôs como máquinas inteligentes que operam sem controle humano direto. Na Indústria 4.0, tornam-se colaborativos (“cobots”), permitindo automação flexível e segura;
- Simulação: uso de modelos virtuais para apoiar a tomada de decisão e otimizar parâmetros produtivos. Banks (1998) define a simulação como a reprodução computacional de sistemas reais, permitindo prever resultados e reduzir desperdícios.

Mais recentemente, a simulação evoluiu para o conceito de gêmeos digitais (*digital twins*), definidos como réplicas virtuais de sistemas ou plantas industriais que são continuamente atualizadas com dados reais, integrando o ambiente físico e o digital. Esses modelos permitem o monitoramento e a otimização de processos em tempo real, sendo considerados um dos pilares centrais da Indústria 4.0 e da manufatura inteligente (Jiang et al., 2021);

- Integração de sistemas horizontal e verticalmente: sistemas mais integrados, até mesmo em redes intercompanhias, possibilitando maior automação. Rüßmann et al. (2015) apontam que a integração vertical conecta os níveis internos de produção, enquanto a horizontal amplia o fluxo de dados entre empresas, fornecedores e clientes, elevando a eficiência operacional;

- A Internet das Coisas Industrial: possibilita a comunicação entre máquinas, sensores e sistemas, promovendo a automação descentralizada e inteligente (Kagermann et al., 2013). Essa tecnologia é essencial para a criação de fábricas inteligentes e conectadas, integrando-se à computação em nuvem e aos CPS;

- Segurança cibernética: desenvolvimento de mecanismos de proteção contra ameaças digitais, imprescindível diante da crescente conectividade. Rüßmann et al. (2015) apontam que, com a digitalização dos processos industriais, torna-se vital garantir comunicações seguras e controle de acesso;

- Nuvem: uso ampliado da computação em nuvem para armazenamento, análise de dados e colaboração interempresarial. Rüßmann et al. (2015) destacam que ela sustenta a IoT, favorecendo escalabilidade, flexibilidade e comunicação inteligente entre sistemas produtivos;

- Fabricação de aditivos: tecnologias como impressão 3D, que permitem a produção descentralizada e customizada, reduzindo custos e prazos de desenvolvimento. Gibson et al. (2010) descrevem a manufatura aditiva como o processo de conversão de modelos digitais em objetos físicos camada a camada, tornando o processo produtivo mais flexível e inovador;

- Realidade aumentada: apoio à tomada de decisão e execução de processos, potencializando treinamento, manutenção e controle produtivo. Azuma (1997) define a RA como a sobreposição de elementos virtuais ao ambiente real, tornando os processos mais ágeis e interativos;

Desse modo, os nove pilares tecnológicos da Indústria 4.0 formam a base da transformação produtiva, integrando mundo físico e digital e estimulando ganhos de eficiência, flexibilidade e inovação nas cadeias de valor.

Desafios e Oportunidades da Indústria 4.0 no Setor Automotivo

A Indústria 4.0 apresenta desafios e oportunidades para o setor automotivo, cada vez mais interconectado e tecnologicamente dependente. Um desafio central é a adaptação das infraestruturas industriais, uma vez que a adoção de tecnologias como IoT, Big Data e sistemas ciberfísicos requer elevados investimentos e reorganização dos processos produtivos. Segundo Rüßmann et al. (2015), a Indústria 4.0 exige recursos tecnológicos consideráveis para que os sistemas legados integrem novas funcionalidades e ofereçam os benefícios esperados em produtividade e eficiência.

Outro desafio relevante é a falta de mão de obra qualificada, que é apontada como a principal barreira externa às empresas, atingindo 37%, seguida pela dificuldade em identificar tecnologias e parceiros (33%) e pela falta de preparo de clientes e fornecedores (29%) (CNI, 2022). Esses resultados evidenciam que a escassez de profissionais qualificados compromete a adaptação e a competitividade das empresas.

Além disso, a conectividade das fábricas inteligentes aumenta a vulnerabilidade a ameaças cibernéticas. A proteção contra ataques digitais tornou-se essencial em um ambiente cada vez mais interligado e digitalizado. Segundo Smit et al. (2016), no contexto da Indústria 4.0, é necessário adotar procedimentos que assegurem níveis adequados de segurança para proteger dados sensíveis, propriedade intelectual e a privacidade dos usuários, além de garantir a continuidade operacional.

Por outro lado, as oportunidades proporcionadas pela Indústria 4.0 são amplas e promissoras. A digitalização e automação dos processos aumentam a eficiência operacional, permitindo que a produção seja mais ágil e flexível. Com um potencial bastante ambicioso, a Indústria 4.0 promete maior eficácia operacional, ganhos de produtividade, crescimento e melhoria da competitividade, além do desenvolvimento de novos modelos de negócios, serviços e produtos (Santos et al., 2018).

A manutenção preditiva é outro benefício significativo, possibilitada pela implementação de sensores e sistemas de monitoramento. Essa prática permite identificar falhas potenciais antes que comprometam a operação, reduzindo custos e melhorando a eficiência. A análise de dados em tempo real, integrada aos processos de fabricação, possibilita ajustes instantâneos e aumenta a produtividade de forma contínua (Silva, 2021).

Em suma, embora a Indústria 4.0 apresente desafios substanciais para o setor automotivo, as oportunidades de inovação e melhorias operacionais tornam sua adoção uma estratégia essencial para garantir competitividade sustentável e adaptação às exigências do mercado global.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação de tecnologias da Indústria 4.0 no setor automotivo tem promovido ganhos expressivos em produtividade, eficiência e qualidade, apesar dos desafios associados. Fabricantes que integram IoT e Big Data conseguem monitorar o desempenho das máquinas em tempo real, possibilitando manutenção preditiva, minimizando interrupções e aumentando a eficiência operacional. Embora os investimentos iniciais sejam elevados, os benefícios econômicos compensam os custos ao longo do tempo.

A digitalização dos processos produtivos também aprimora o controle de qualidade, permitindo monitoramento preciso em cada etapa da fabricação. A automação avançada e o uso de robôs colaborativos (cobots) resultam em linhas de

montagem mais seguras e menos suscetíveis a erros humanos, impactando diretamente a confiabilidade e durabilidade dos produtos fornecidos aos consumidores.

Além dos benefícios operacionais, a Indústria 4.0 possibilita novos modelos de negócios. Exemplos incluem manutenção preditiva como serviço, com monitoramento remoto de veículos, e veículos conectados que utilizam dados em tempo real para otimizar navegação, consumo de combustível e manutenção, proporcionando uma experiência integrada ao usuário final.

Contudo, a implementação enfrenta desafios significativos, como a necessidade contínua de atualização tecnológica e a adaptação da força de trabalho. A escassez de profissionais especializados em cibersegurança, análise de dados e automação impacta diretamente a capacidade das empresas de adotar as tecnologias de forma eficiente. Além disso, a integração com sistemas legados exige planejamento cuidadoso, podendo prolongar o retorno sobre o investimento.

Em síntese, os impactos da Indústria 4.0 indicam uma trajetória de crescimento e inovação no setor automotivo. Apesar de desafios como altos custos iniciais e limitação de mão de obra qualificada, os benefícios em eficiência, qualidade e satisfação do cliente tornam a adoção dessas tecnologias estratégica para a sustentabilidade e competitividade do setor. Dessa forma, a Indústria 4.0 transforma não apenas os processos produtivos, mas também o papel dos veículos na sociedade contemporânea.

CONCLUSÃO

A Indústria 4.0 redefine profundamente o setor automotivo, ao integrar tecnologias digitais que elevam a eficiência, a personalização e a competitividade. A pesquisa teve como objetivo compreender de que forma o setor automotivo vem se moldando a essa transformação tecnológica, buscando analisar os impactos, desafios e oportunidades decorrentes dessa nova revolução industrial. A análise realizada

permitiu compreender de que maneira essas transformações têm influenciado o setor, e demonstrou que, embora persistam desafios como custos elevados e escassez de profissionais qualificados, os benefícios superam as limitações, promovendo novos modelos produtivos e de negócio. As reflexões apresentadas contribuem para ampliar o entendimento sobre a adaptação tecnológica e suas implicações para a competitividade do setor. Recomenda-se, para uma adoção efetiva, atenção à capacitação técnica e à integração gradual dos sistemas, assegurando inovação contínua e sustentabilidade competitiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZUMA, R. T. **A Survey of Augmented Reality**. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997.

BANKS, J. **Handbook of Simulation**. New York: Wiley, 1998. Disponível em: <https://juancarlosvergaras.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/09/handbook-of-simulation-principles-methodology-advances-applications-and-practice.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2025.

BEKEY, G. A. **Autonomous Robots**. Massachusetts Institute of Technology Press, 1998. Disponível em: https://www.academia.edu/19205561/George_A_Bekey_auth_George_A_Bekey. Acesso em: 8 nov. 2025.

CASOTTI, B. P.; GOLDENSTEIN, M. **Panorama do setor automotivo: as mudanças estruturais da indústria e as perspectivas para o Brasil**. BNDES Setorial, n. 28, p. 147-187, set. 2008. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2566/1/BS%2028%20Panorama%20do%20setor%20automotivo_P.pdf. Acesso em: 12 nov. 2025.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **SondEsp83 – Indústria 4.0: cinco anos depois**. Brasília, 2022. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/7d/d9/7dd92b31-8860-4ca7-b921-b28fec0a68bc/sondespecial_industria40_cincoanosdepois_abril2022.pdf. Acesso em: 11 nov. 2025.

CORDEIRO, G. A.; ORDONEZ, R. E. C.; FERRO, R.; NICOLELA, P. B.; STELLA, B. C. **Etapas para implantação da Indústria 4.0: uma visão sob aspectos estratégicos e operacionais**. Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Joinville, SC, 2017. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_244_413_33991.pdf. Acesso em: 11 nov. 2025.

COSTA, A. M. **Desafios ambientais na indústria automobilística: uma análise do sistema de gestão ambiental da produção automobilística e projeções para o futuro do setor**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/3f3a82db-9831-4083-9371-1206090ae7c4/content>. Acesso em: 09 nov. 2025.

DRATH, R.; HORCH, A. **Industrie 4.0: hit or hype?** IEEE Industrial Electronics Magazine, v. 8, n. 2, p. 56-58, Ladenburg, Alemanha, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rainer-Drath/publication/263285662_Industrie_40_Hit_or_Hype_Industry_Forum/links/5909965e458515ebb495dde7/Industrie-40-Hit-or-Hype-Industry-Forum.pdf. Acesso em: 08 nov. 2025.

FREIRE-MEDEIROS, B.; MOTTA, L.; FROMM, D. **Carros globais, desigualdades transnacionais: sobre a economia (in)formal de veículos**. Tempo Social, v. 32, n. 2, p. 117-136, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ts/a/g6WQpyzbdT3mkC7wB48PpRB/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 13 nov. 2025.

GIBSON, I.; ROSEN, D.; STUCKER, B. **Additive Manufacturing Technologies**. New York: Springer, 2010. Disponível em: https://eprints.ukh.ac.id/id/eprint/183/1/2015_Book_AdditiveManufacturingTechnolog.pdf. Acesso em: 08 nov. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **São Paulo: Cidades e Estados**. São Paulo: Censo 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp.html>. Acesso em: 13 nov. 2025.

JIANG, Y.; YIN, S.; LI, K.; LUO, H.; KAYNAK, O. **Industrial applications of digital twins**. Philosophical Transactions of the Royal Society A, v. 379, n. 2207, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0360>. Acesso em: 11 nov. 2025.

JUNIOR, J. A. G; BUSSO, C. M.; GOBBO, S. C. O.; CARREÃO, H. **Making the links among environmental protection, process safety, and industry 4.0**. Process Safety and Environmental Protection, v. 117, p. 372-382, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/c3f5e4ea-35dc-498a-8d5f-00216be04339/content>. Acesso em: 07 nov. 2025.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group**. 2013. Disponível em: <https://www.din.de/resource/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2025.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA (Brasil); SECRETARIA NACIONAL DE TRÂNSITO. **Frota de veículos 2023**. 2024 Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2023>. Acesso em: 12 nov. 2025.

MORAIS, R. R. de; MONTEIRO, R. **A indústria 4.0 e o impacto na área de operações: um ensaio**. São Paulo, 2016. Disponível em: <https://singep.org.br/5singep/resultado/450.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2025.

OICA – INTERNATIONAL ORGANIZATION OF MOTOR VEHICLE MANUFACTURERS. **Sales statistics**. 2024. Disponível em: <https://oica.net/sales-statistics/>. Acesso em: 13 nov. 2025.

PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. de O. **Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil**. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v. 16, n. 2, 2018. Disponível em: http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/4938/pdf_808. Acesso em: 09 nov. 2025.

RÜßMANN, M.; LORENZ, M.; GERBERT, P.; WALDNER, M.; JUSTUS, J.; ENGEL, P.; HARNISCH, M. **Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries**. Boston Consulting Group, 2015. Disponível em: https://web-assets.bcg.com/img-src/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm9-61694.pdf. Acesso em: 10 nov. 2025.

SACOMANO, J. B.; GONÇALVES, R. F.; SILVA, M. T. da; BONILLA, S. H.; SÁTYRO, W. C. **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. Edgard Blücher, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=PNCuDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=ind%C3%BAstria+4.0&ots=o1QXwzNGX9&sig=nNI88s0jlexH2cOKRoMQ3vEq5Ws#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 09 nov. 2025.

SANTOS, B. P.; ALBERTO, A.; LIMA, T. D. F. M.; CHARRUA-SANTOS, F. M. B. **Indústria 4.0: desafios e oportunidades**. Revista Produção e Desenvolvimento, v. 4, n. 1, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325060590_INDUSTRIA_40_DESAFIOS_E_OPORTUNIDADES. Acesso em: 09 nov. 2025.

SILVA, A. da C. **Sustentabilidade por meio da indústria 4.0 e produção mais limpa: múltiplos casos na indústria automotiva**. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://bibliotecatede.uninove.br/bitstream/tede/2800/2/Aleksander%20da%20Concei%C3%A7%C3%A3o%20Silva.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2025.

SMIT, J.; KREUTZER, S.; MOELLER, C.; CARLBERG, M. **Industry 4.0. Brussels: European Parliament, Directorate General for Internal Policies, Policy Department A: Economic and Scientific Policy**. Study for the ITRE Committee, PE 570.007, 2016. Disponível em: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf). Acesso em: 12 nov. 2025.

TAMÁS, P.; ILLÉS, B. **Process Improvement Trends for Manufacturing Systems in Industry 4.0**. Academic Journal of Manufacturing Engineering, 2016.

WROBEL, I.; SIDZINA, M. **Design Study for Automatic Production Line of a Sub-Assemblies of New Generation Car Body Structures Compliant with the “Industry 4.0” Concept**. Sensors, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/7/2434>. Acesso em: 08 nov. 2025.