



# Indústria 4.0: tecnologias implantadas no processo produtivo de uma indústria de máquinas agrícolas

Alex Jun Funo<sup>1</sup>  
Alan Rodrigues<sup>2</sup>

Submetido em: 27-03-2025

Aceito em: 25-06-2025

## Resumo

A quarta revolução industrial, conhecida como Indústria 4.0, surgiu em meados de 2010 na Alemanha com objetivo de desenvolver fábricas inteligentes, por meio de adoção de tecnologias digitais de forma integrada nas empresas para o fornecimento de soluções avançadas e aumentar a competitividade. Os países emergentes possuem maiores desafios para a adoção das tecnologias habilitadoras, devido a maior defasagem tecnológica dos seus parques fabris e menor poder de investimentos. O processo de desindustrialização no Brasil, nas últimas décadas, tem impactado fortemente na economia brasileira e na redução dos investimentos em P&D. Em contrapartida, o crescimento do agronegócio brasileiro tem estimulado o desenvolvimento de novas tecnologias nos seus processos, produtos e serviços para redução de custos, aumento de produtividade e ser competitivo globalmente. Logo, o objetivo dessa pesquisa é identificar e compreender as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 implantadas no processo produtivo de uma indústria nacional fabricante de máquinas agrícolas. A pesquisa tem uma abordagem qualitativa de caráter descritivo, como método um estudo de caso único. Os principais resultados obtidos foram: (i) identificação das tecnologias habilitadoras implantadas no processo produtivo industrial; (ii) identificação de iniciativas tecnológicas com potencial aplicação na indústria trazendo vantagem competitiva para a empresa. Do ponto de vista teórico, essa pesquisa contribui para o entendimento dos conceitos das tecnologias habilitadoras e seus benefícios. Sob a perspectiva prática, os resultados auxiliam na compreensão desse relevante tema empresarial, podendo contribuir para os tomadores de decisão da área industrial perspectivas para um direcionamento estratégico de tecnologia na empresa.

**Palavras-chave:** indústria 4.0; tecnologias habilitadoras; manufatura avançada; quarta revolução industrial; máquinas agrícolas.

## Industry 4.0: technologies implemented in the production process of an agricultural machinery industry

### Abstract

The fourth industrial revolution, known as Industry 4.0, emerged in mid-2010 in Germany with the aim of developing smart factories, through the adoption of digital technologies in an integrated way in companies to provide advanced solutions and increase competitiveness. Emerging countries have greater challenges in adopting enabling technologies, due to a greater technological gap in their manufacturing parks and less investment power. The deindustrialization process in Brazil, in recent decades, has had a strong impact on the Brazilian economy and reduced investments in R&D. On the other hand, the growth of Brazilian agribusiness has stimulated the development of new technologies in its processes, products and services to reduce costs, increase productivity and be globally competitive. Therefore, the objective of this research is to identify and understand the technologies that enable industry 4.0 implemented in the production process of a national industry that manufactures agricultural machinery. The research has a qualitative, descriptive approach, using a single case study as a method. The main results obtained were: (i) identification of enabling technologies implemented in the industrial production process; (ii) identification of technological initiatives with potential application in the industry, bringing a competitive advantage to the company. From a theoretical point of view, this research contributes to the understanding of the concepts of enabling technologies and their benefits. From a practical perspective, the results help to understand this relevant business topic and can contribute to decision makers in the industrial area with perspectives for a strategic direction of technology in the company.

**Keywords:** industry 4.0; enabling technologies; advanced manufacturing; fourth industrial revolution; agricultural machinery.

<sup>1</sup> Engenharia Mecânica (UNESP). Especialização em Administração Industrial (USP). Supervisor Industrial em uma indústria de máquinas agrícolas. [junfuno16@gmail.com](mailto:junfuno16@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Especialista em Sistemas de Planejamento e Gestão Empresarial (UFSC). [alangrb@hotmail.com](mailto:alangrb@hotmail.com)

## 1 Introdução

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), em 2022, as indústrias responderam por 23,9% do PIB brasileiro. O setor industrial teve maior representatividade nas exportações brasileiras, sendo 69,3% em bens e serviços e tem investido em torno de 66% em pesquisa e desenvolvimento, conforme dados mais recentes divulgados (CNI, 2023).

Em 1985, a participação da indústria no PIB era muito maior, chegou próximo a 50%, desde então o índice vem caindo drasticamente à patamares de 20% a 30% com o processo de desindustrialização que se iniciou na década de 1990 (Andrade, 2022). O processo de desindustrialização impactou fortemente a economia brasileira, devido a sua longa cadeia produtiva e propulsora de tecnologias (CNI, 2022).

Em 2021, as indústrias de transformação representavam somente 12% do PIB e a participação do Brasil na produção industrial mundial foi de 1,5%, ficando na 13ª posição no ranking mundial. O Brasil investiu em P&D 1,2% do PIB, bem inferior aos principais competidores mundiais, sendo que ao longo dos anos esse índice vem caindo (CNI, 2023). Em contrapartida, o crescimento do agronegócio brasileiro estimulou o crescimento da indústria fornecedora de máquinas, equipamentos, ferramentas e insumos agrícolas, estimulando o desenvolvimento tecnológico e inovação nos seus produtos e serviços para o aumento da produtividade e competitividade global (Andrade, 2022).

Do mesmo modo que os países avançados, o Brasil precisa desenvolver política industrial moderna, tendo convergência das ações do governo para o desenvolvimento das indústrias, em investimentos nas tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 e técnicas de manufatura avançada para reduções de custo, ganhos de produtividade, geração de oportunidades de negócio e competitividade global. O Brasil terá que se inserir profundamente na Quarta Revolução Industrial para retomar o crescimento industrial e permitir a competitividade com produtos e serviços de melhor custo, qualidade e entrega, para competir com os concorrentes globais (Andrade, 2022).

Após a revolução agrícola surgiram uma série de revoluções industriais que transformaram a sociedade e a economia, sendo que a primeira revolução industrial iniciou na metade do século XVIII na Inglaterra, com a invenção da produção mecânica alimentada por vapor. A segunda revolução industrial, começou no século XX, onde deu-se o início da produção em massa com as linhas de montagens e a chegada da energia elétrica. A terceira revolução industrial, chamada de era da informação, iniciou na década de 1960, com a introdução de

robótica e automação individual nos processos. Hoje estamos vivendo a quarta revolução industrial, que inicialmente se falava em digitalização, máquinas e seres humanos conectados e interagindo em tempo real, integração da cadeia de valor e produtos e/ou serviços, porém, conforme o tempo evoluiu, surgiram novas tecnologias, aumentando o escopo da Indústria 4.0 (Schwab, 2018).

Diante do cenário global competitivo e a inovação na estratégia de muitas empresas dos países avançados, foi identificado e compreendido as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 implantadas no processo produtivo de uma indústria nacional fabricante de máquinas e equipamentos agrícolas, estabelecida no interior do estado de São Paulo, que comercializa seus produtos e serviços no mercado doméstico e exporta para mais de 100 países. Dessa forma, identificou as oportunidades tecnológicas com potencial implementação no processo produtivo objetivando reduzir custos, aumentar a produtividade, aumentar a eficiência operacional, melhorar a qualidade dos produtos e reduzir os prazos de entrega para garantir vantagem competitiva dos produtos industrializados nacionais e sustentabilidade do negócio.

Segundo a pesquisa realizada pela CNI (2022), ao longo dos últimos anos as indústrias brasileiras vêm avançando na adoção de novas tecnologias. Conforme pesquisa realizada com mais 1 mil empresas brasileiras em 2021, 69% das indústrias fizeram uso de alguma das tecnologias digitais. Apesar do alto percentual de utilização, a variedade de tecnologia foi baixa na maioria das empresas. Sendo que 31% das empresas não adotaram qualquer tecnologia digital, 26% utilizaram de uma a três e somente 7% adotaram mais de três.

Nesse sentido, a questão de pesquisa que orientou o presente artigo foi: *Como as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, no processo produtivo, fomentam a vantagem competitiva?* Para poder responder à questão de pesquisa proposta, o objetivo deste trabalho foi identificar e compreender as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 implantadas no processo produtivo de uma indústria fabricante de máquinas agrícolas.

## **2 Referencial teórico**

O objetivo desta seção é apresentar e promover a discussão sobre o processo da “(des)industrialização brasileira” e a “indústria 4.0”, ancorado à revisão da literatura.

## 2.1 A (Des)industrialização Brasileira

Cano (2012) conceitua o desenvolvimento como “um longo processo de crescimento econômico, com elevado aumento da produtividade média, sem o qual o excedente não cresce o bastante para acelerar a taxa de investimento e diversificar a estrutura produtiva e do emprego.

Assim, é necessário que o crescimento da indústria seja superior ao dos demais setores, que se suceda o aumento da produtividade, que ocorra a alteração das estruturas, fator essencial para a diversificação da base exportadora que levará a um equilíbrio da balança comercial. Entende-se que nenhum país viu surgir o desenvolvimento sem ter vivenciado o processo de industrialização e da ativa participação do Estado no processo. A industrialização dialoga ainda com a urbanização e a diversificação dos serviços prestados, tais como o comércio, o transporte, as finanças, e outros (Arend e Luz, 2022).

Ao observar a trajetória da industrialização dos países latino-americanos percebe-se que muitos destes tentaram implementar processos de industrialização em seus territórios. Contudo, são poucos os casos em que apresentam resultados expressivos, sobressaindo à produção de bens de consumo não duráveis e o beneficiamento de produtos primários, tais como México, Argentina e Brasil. Estes três países possuíam uma indústria com uma participação expressiva no PIB ao final da década de 1970. Contudo, a virada da década de 1980 e os anos vindouros, parte em consequência de políticas neoliberais implementadas pelos governos nacionais, viram a participação da indústria no PIB regredir, principalmente no caso do Brasil, que saiu de 33% na década de 1970, para apenas 14,6% no ano de 2011 (Cano, 2012).

A principal causa da perda de competitividade da indústria brasileira se chama Custo Brasil; custo sistêmico elevado, efeito da infraestrutura deficiente, ambiente macroeconômico instável, educação de baixa qualidade, financiamento elevado e, principalmente, devido a complexa e elevada carga tributária, sendo muito superior em relação aos seus competidores mundiais, tornando os produtos brasileiros mais caros (Andrade, 2022). Dessa forma, abriu-se as portas para os produtos importados no mercado doméstico.

Conforme foi observado, o aumento da importação ao longo dos últimos anos, bateu recorde histórico em 2021, chegando a 24,8% o coeficiente de importação da indústria de transformação, por isso a produtividade na indústria de transformação tem caído (CNI, 2022). Com a desindustrialização, houve um aumento da informalidade, prejudicando a produtividade brasileira (Sacomano et al., 2018). O principal reflexo da desindustrialização para a sociedade é

a diminuição dos postos de trabalho existentes. A diminuição de empregos está diretamente relacionada aos resultados da indústria nos últimos anos, reforçando assim, o pressuposto da desindustrialização (Arend e Luz, 2022).

Silva (2019) comenta que o processo de desindustrialização possui duas ramificações, natural e precoce; onde na primeira, a natural, ocorre “a perda de participação da indústria manufatureira, seja em termos de emprego ou valor adicionado, e ocorre concomitantemente ao nível de renda per capita do país desenvolvido, ao passo de que na segunda, a precoce, o processo de desindustrialização ocorre quando “o território ainda não apresenta renda per capita de um país desenvolvido”. Ou seja, no primeiro caso o fenômeno seria um evento natural, enquanto no segundo seria decorrente de projetos econômicos fracassados, no qual ainda não haveria um parque industrial moderno (Arend e Luz, 2022).

O atual contexto industrial global é caracterizado pela interdependência econômica internacional e parâmetros de inovação e tecnologia de ponta. Contudo, a política industrial brasileira é marcadamente defasada uma vez que seu arranjo institucional é “envelhecido e ineficaz” de modo que o Brasil se insere de forma periférica e com retrocessos nessa dinâmica internacional (Paz e Lamberti, 2022). O processo de industrialização está intimamente relacionado ao incremento e adoção de novas tecnologias. Dessa forma, de acordo com Furtado (1983), o processo de industrialização possibilita melhor assimilação do progresso técnico.

Do mesmo modo que os países avançados, o Brasil precisa desenvolver política industrial moderna, tendo convergência das ações do governo para o desenvolvimento das indústrias, em investimentos nas tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 e técnicas de manufatura avançada para reduções de custo, ganhos de produtividade, geração de oportunidades de negócio e competitividade global. O Brasil terá que se inserir profundamente na Quarta Revolução Industrial para retomar o crescimento industrial e permitir a competitividade com produtos e serviços de melhor custo, qualidade e entrega, para competir com os concorrentes globais (Andrade, 2022).

## 2.2 Indústria 4.0

A Primeira Revolução Industrial, iniciada em 1760, tornou obsoleta a antiga diferenciação urbano-rural defendida por Smith (1723) e Ricardo (1772), que distinguia as áreas pelo tipo de atividades agrícolas e não agrícolas nelas desenvolvidas. Dessa forma, Saraceno (1996) cita que novos parâmetros como a ocupação das famílias, tamanho e densidade populacional tiveram que

ser adotados para separar o meio urbano do rural, uma vez que a tecnologia avançou, espalhando-se pelo campo e chegando aos limites das cidades, concomitantemente, à dispersão industrial para o interior dos países, condensando as atividades econômicas e tornando a diferenciação bem mais complexa. O avanço tecnológico, pós-revolução, modernizou a produção agrícola e contribuiu para a reorganização da mão de obra no campo, o que permitiu dinamizar, de certa forma, as atividades econômicas, atenuando o êxodo rural. No Brasil, devido ao processo de industrialização tardia, somente a partir da década de 1990, as atividades não agrícolas passaram a apresentar taxas crescentes de emprego no meio rural, ao passo que o número de empregos agrícolas caía (Rodrigues Júnior e Lima, 2022).

Neste contexto, surge o termo “sustentabilidade”, que em nível nacional, surge como um adjetivo para o desenvolvimento que, a partir dos anos de 1990, o termo se faz presente em debates e documentos, seja como um sobrenome da palavra desenvolvimento, seja como um processo quando acompanhado do termo competitividade (Paz e Lamberti, 2022). Na esteira da sustentabilidade, aliado à inovação e evolução tecnológica, a quarta revolução industrial ou “indústria 4.0” apresentou à gestão, sobretudo ao setor industrial, suas principais estruturas. De acordo com Geissbauer et al. (2016), a indústria 4.0 surgiu e foi dividida em três principais estruturas: 1) Digitalização e integração das cadeias de valor vertical e horizontal; 2) Digitalização de produtos e oferta de serviços; e 3) Modelos de negócios digitais e acesso de cliente.

A indústria 4.0 possui, então, nove principais tecnologias habilitadoras que podem acelerar a transformação digital das indústrias, conforme a BCG – *Boston Consulting Group* (2015), sendo elas: Robôs autônomos; *Big Data e Analytics*; Realidade Aumentada; Manufatura Aditiva; Computador na Nuvem; Segurança Cibernética; Internet das Coisas; Integração de Sistemas; e Simulação Digital. A seguir descreve-se cada uma destas tecnologias.

1 - Robôs Autônomos: dispositivos que podem executar tarefas sem a intervenção do ser humano, tomar decisões e executar ações devido estar equipados com sistemas de controle e sensores (Pacchini, 2019).

2 - *Big Data e Analytics*: metodologias de armazenamento, extração, análise e aplicação de estratégias baseadas em dados, provenientes, geralmente, de bancos extensos de informações geradas de sistemas. A análise da *big data* pode ser de dados estruturados ou não estruturados, sendo esse último a análise é mais complexa (Sacomano et al., 2018).

3 - Realidade Aumentada: tecnologia que mistura o mundo real e o virtual, transformando dados em animação ou imagens que serão inseridas no cenário real, por meio de dispositivos com óculos, *smartphone* e *tablets* (Sacomano et al., 2018).

4 - Manufatura aditiva: também conhecida como impressão 3D, são sistemas onde as peças são produzidas de forma que o material é depositado em camadas até formar o produto. Com a impressão 3D, produtos complexos são feitos sob medida e não desperdiçam nenhum material (Almeida, 2019).

5 - Computação em nuvem: local onde se recebem, armazenam e compartilham informações do processo produtivo. Com os dados na nuvem, a fábrica tem garantia da segurança das suas informações e funcionalidades da cadeia de suprimentos, além da facilidade de acesso e descentralização dos dados. A computação em nuvem permite que os usuários acessem dados e programas pela internet, sem a necessidade de investir em *hardware* e *software* local (Sacomano et al., 2018).

6 - Segurança cibernética: a segurança cibernética é um conjunto de práticas, processos e soluções tecnológicas que visam proteger sistemas críticos, redes e dados contra ataques digitais e uso não autorizado (Sacomano et al., 2018).

7 - Internet das coisas: tecnologia que conecta objetos (coisas) à internet. A IoT descreve a rede de objetos físicos incorporados a sensores, *software* e outras tecnologias com o objetivo de conectar e trocar dados com outros dispositivos e sistemas pela internet. Um típico sistema de IoT funciona por meio da coleta e troca de dados em tempo real, e tem três componentes: dispositivos inteligentes, conectividade e processamento de dados (Schwab, 2018).

8 - Integração de sistemas: a integração de sistemas na indústria 4.0 pode ser dividida em integração horizontal e vertical. A integração horizontal conecta todos os setores e sistemas em uma cadeia produtiva de uma fábrica, desde o gerenciamento de fornecedores até a produção, logística e distribuição, permitindo que os setores trabalhem em conjunto e sincronia, otimizando recursos e integrando análises de mercado aos processos fabris. Por outro lado, a integração vertical conecta os sistemas específicos usados em cada etapa dos processos de fábrica, permitindo que as atividades fluam sem a necessidade de intervenção manual, diminuindo o tempo de tomada de decisão e auxiliando na gestão industrial (Pederneiras, 2019).

9 - Simulação digital: Ela permite a reprodução virtual de processos e ambientes de desenvolvimento e manufatura, possibilitando a virtualização fiel do funcionamento das plantas e procedimentos industriais, abrangendo funcionários, máquinas e funções operacionais (Almeida, 2019).

### 3 Metodologia

Trata-se de uma pesquisa com abordagem qualitativa de caráter descritivo, uma vez que Godoy (1995) menciona que esse método de pesquisa não se emprega estatística na análise de dados, logo não se mediu os eventos estudados. Dessa forma, as questões e interesses foram se definindo à medida que o estudo se desenvolveu. Como método um estudo de caso único, conforme Hartley (1994), essa estratégia de pesquisa foi através de uma investigação detalhada para compreender os processos de uma organização. A organização estudada foi uma empresa multinacional brasileira de grande porte, com mais de 4.000 funcionários, fundada por um imigrante japonês em 1948, fabricante de máquinas agrícolas, localizada na cidade de Pompeia, no estado de São Paulo, Brasil.

A pesquisa teve como ótica investigar a implementação das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 e identificou as novas oportunidades tecnológicas com potencial aplicação na realidade da empresa, buscando gerar benefícios e vantagem competitiva para o negócio. A coleta de dados foi realizada por meio de três técnicas, a saber: entrevistas semiestruturadas, levantamento de documentos e observação direta (Vergara, 2015).

As entrevistas semiestruturadas ocorreram de forma presencial e virtual, durante os meses de outubro e novembro de 2023, seguindo um roteiro pré-definido com questões abertas atrelado ao objetivo da pesquisa. O grupo entrevistado foi composto por 6 profissionais da área industrial: dois gerentes de manufatura (G1 e G2), um supervisor de engenharia (SE1), um supervisor de almoxarifado (SA1), dois supervisores de produção (SP1 e SP2). O conteúdo das entrevistas foi transcrito para as análises.

O levantamento de documentos consiste em apresentações em *powerpoint* de diretrizes de planejamento estratégicos da organização, *e-mails* e atas de reuniões. Na observação direta foram realizadas notas de campo para complementar e/ou confrontar com as informações obtidas nas entrevistas, conferindo maior credibilidade na interpretação dos resultados.

Para a fase de análise de dados, estas se deram por meio de duas técnicas: a análise da narrativa, segundo Alves e Blikstein (2006), a investigação com narrativas captura as experiências humanas, com influências socioculturais e ambientais, sendo alcançado por observações, escuta, leitura e interpretação de texto; e a análise *pattern matching*, conforme elucidado por Trochim (1989), envolveu uma tentativa de vincular, combinar ou relacionar um padrão teórico à um padrão observado na forma de impressões, notas de campo e similares.

Para a análise e discussão dos resultados, definiu-se, também, que os elementos de análises referente ao processo produtivo da indústria e a vantagem competitiva da empresa estão vinculados a implementação de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, ficando definidos como: Elementos Constitutivos do Estudo (ECE), desdobrados em Elementos Operacionais do Estudo (EOE), conforme Kerlinger (1979).

Tabela 1. Elementos Constitutivos do Estudo (ECE) e Elementos Operacionais do Estudo (EOE)

ECE	EOE
ECE1 tecnologias habilitadoras implementadas no processo produtivo da indústria.	EOE1.1 Identificar as tecnologias habilitadoras no processo produtivo.
	EOE1.2 Analisar se essas tecnologias implementadas estão funcionando, conforme planejado.
ECE2 tecnologias habilitadoras fomentando vantagem competitiva para a empresa.	EOE2.1 Identificar se as tecnologias implantadas estão trazendo os resultados esperados.
	EOE2.2 Identificar quais benefícios as tecnologias trouxeram após a implantação.

Fonte: Elaborado pelos autores

Definido ECE1: tecnologias habilitadoras implementadas no processo produtivo da indústria e ECE2: tecnologias habilitadoras fomentando vantagem competitiva para a empresa, a seguir apresentamos os resultados obtidos a partir da coleta e análise dos dados, conforme citado anteriormente na metodologia.

#### 4 Apresentação e discussão dos resultados

Esta seção apresenta os resultados coletados em campo e as discussões acerca dos temas pesquisados, apoiados na questão de pesquisa: *Como as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, no processo produtivo, fomentam a vantagem competitiva?* Buscou-se discutir os constructos selecionados com os dados empíricos.

##### 4.1 ECE1 tecnologias habilitadoras implementada no processo produtivo da indústria

Na indústria fabricante de máquinas agrícolas, como qualquer indústria, possui um processo produtivo. De uma maneira geral, processos produtivos são atividades que possui uma entrada, ganham valor agregado e que geram uma saída. Por exemplo: recebimento de matéria-prima, transformação da matéria-prima e conversão da matéria-prima em produto.

O processo produtivo industrial manufatureiro de máquinas agrícolas tem um sistema operacional complexo composto por um processo de recebimento, armazenamento e transporte de materiais, áreas de fabricação de peças e componentes, compostas pelos processos: corte a laser, estamperia, usinagem, soldagem, zincagem, pintura, tratamento térmico, injeção e sopro de plástico, áreas de montagem de componentes, mecânicas, hidráulicos, pneumáticos e elétricos-eletrônicos e linhas de montagem de máquinas agrícolas. Além da mão de obra especializada, como recurso no processo produtivo, são utilizadas ferramentas, instrumentos de medição para inspeção, dispositivos, equipamentos e máquinas operatrizes com vários níveis de tecnologias para produzir produtos conforme especificações técnicas de engenharia, dentro dos padrões de qualidade exigida e de acordo com as normas de segurança e meio ambiente.

#### 4.1.1 EOE1.1 Identificar as tecnologias habilitadoras no processo produtivo

Pacchini (2019), realizou uma revisão da literatura para identificar as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, porém ele observou que não havia um consenso entre os autores devido o tema ser recente. Dessa forma, ele fez uma pesquisa bibliográfica para realizar o levantamento das tecnologias citadas nos artigos selecionados, e com a utilização da curva ABC e com a validação de especialistas, foram identificadas e elencadas as tecnologias habilitadoras mais relevantes, sendo elas: *Big Data*, Internet das Coisas, Computação em Nuvem, Robô Colaborativo, Manufatura Aditiva, Sistema Físico Cibernético, Realidade Aumentada e Inteligências Artificial, conforme é mostrado nas figuras 1 e 2.

Na indústria de máquinas agrícolas selecionada, duas tecnologias da indústria 4.0 destacadas e comum informadas por todos entrevistados GM1, GM2, SA1, SP1 e SP2 foram o *Manufacturing Execution Systems* (MES) e *Automated Guided Vehicle* (AGV). Essas duas tecnologias estavam parcialmente implementadas no parque fabril (no período das entrevistas), integrando toda cadeia produtiva. Esse projeto estava em evidência naquele momento. Além da grandiosidade da implementação, estava havendo a participação e envolvimento de muitos colaboradores e de todos os níveis hierárquicos da empresa.

Em paralelo ao projeto do MES, estava em andamento o projeto *Product Lyfecycle Management* (PLM) integrado ao MES, com o objetivo de disponibilizar documentos de engenharia e informações de processo de forma digital para o chão de fábrica, conforme citado pelo SE1. Já a Manufatura Aditiva (MA) era bastante aplicada, porém em pequena escala, somente na fabricação de peças protótipos e conceitos, conforme lembrado pelo GM1.

Figura 1 – Tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 identificadas

TECNOLOGIAS HABILITADORAS DA INDÚSTRIA 4.0																														
SEQ.	AUTORES	TECNOLOGIAS																												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T									
1	Ahuett-Garza.; Kurfess (2018)	X	X			X			X		X		X																	
2	Berger (2016)	X	X		X	X	X	X	X	X		X																		
3	Bortolini et al. (2017)	X	X	X		X		X	X	X	X	X																		
4	Chhetri et al. (2017)	X	X			X		X	X	X	X	X	X																	
5	CNI (2016)	X	X			X		X	X	X		X						X												
6	Coelho (2016)	X				X					X			X																
7	Dombrowski; Richter; Krenkel (2017)	X			X	X		X		X	X	X														X	X			
8	Gerbert et al. (2015)	X	X	X	X	X	X	X	X	X																				
9	Geissbauer; Vedso; Schrauf (2016)	X	X		X	X	X	X	X	X		X					X										X			
10	Guoping; Yun; Aizhi (2017)	X				X		X	X				X																	
11	Liu; Xu (2017)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																			
12	Lu (2017)	X			X	X		X			X	X																		
13	Pereira; Romero (2017)	X	X			X		X		X	X					X														
14	Roblek; Meško; Krapež (2016)	X				X		X			X					X	X			X										
15	Santos et al. (2017)	X	X			X		X	X		X				X	X														X
16	Schimidt et al. (2015)	X				X		X		X																				
17	Schwab (2016)	X	X			X		X	X				X	X														X		
18	Xu; Xu; Li (2018)				X	X		X			X																			
19	Zhong et al. (2017)	X				X		X			X																			
TOTAL		18	11	3	7	19	4	17	11	8	13	6	6	4	5	2	1	2	1	2	1	2	2							

LEGENDA													
A	BIG DATA	D	INTEGRAÇÃO VERT. /HOR.	G	COMPUTAÇÃO EM NUVEM	J	SISTEMA FÍSICO CIBERNÉTICO	M	INTERNET DE SERVIÇOS	P	FÁBRICA INTELIGENTE	S	VEÍCULOS AUTÔNOMOS
B	ROBÔ COLABORATIVO	E	INTERNET DAS COISAS	H	MANUFATURA ADITIVA	K	RFID	N	COMPUTAÇÃO MÓVEL	Q	TECN. DE INF. E COM.	T	M2M
C	SIMULAÇÃO	F	SEGURANÇA CIBERNÉTICA	I	REALIDADE AUMENTADA	L	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	O	MATERIAL INTELIGENTE	R	TECNOLOGIAS DE LOCALIZAÇÃO		

Fonte: Pacchini (2019)

A aplicação da Internet das Coisas (IoT) e *Big Data*, facilita a conexão de dispositivos em várias máquinas e equipamentos industriais, transmitindo dados e armazenando em servidores locais ou em nuvem (Computação em Nuvem). A automatização de alguns processos de fabricação de peças, pintura e montagem de subconjuntos e robotização em processos de solda e manipulação para alimentação de máquinas de injeção e usinagem, foram observados e mencionados pelos GM2, SP1, SP2 e SE1.

Figura 2 – Curva ABC das tecnologias habilitadoras



Fonte: Pacchini (2019)

Na nova planta da empresa foi implantado o sistema de armazenagem automatizada (*transelevador e miniload*), com sistema *Warehouse Management System* (WMS) integrado com o *Enterprise Resource Planning* (ERP), conforme relato do SA1. *Internet industrial 5G* implementado na nova planta fabril para suportar a conectividade das máquinas e melhorar a velocidade de transmissão dos dados, segundo o GM1. Alto investimento em sistema de segurança cibernética para garantir a proteção das informações da operação, conforme é observado com a disseminação de informativos e políticas de segurança internas desenvolvidos pelo departamento de TI.

#### 4.1.2 EOE1.2 Analisar se essas tecnologias implementadas estão funcionando, conforme planejado

As tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 são inovações tecnológicas nas automações das operações e na área da tecnologia da informação inseridas no processo de digitalização da manufatura, conectando máquinas e sistemas operacionais, para buscar aumento de produtividade, melhor eficiência operacional, melhor qualidade e maior flexibilidade nos processos (Schwab, 2018).

As indústrias brasileiras têm enfrentado vários desafios para conseguir implementar as novas tecnologias da indústria 4.0, pois tem deparado com barreiras técnicas para a adoção das tecnologias habilitadoras. Como por exemplo, a falta de conhecimento, infraestrutura deficiente, baixo poder de investimento em tecnologia, falta de mão de obra qualificada, adaptação de processos e formas de relacionamento, regulamentação e dificuldade de demonstrar retorno sobre o investimento (Portes, 2023).

Na indústria fabricante de máquinas agrícolas, GM1, GM2, SA1, SP1, SP2 e SE1 informaram que as novas tecnologias implementadas estão funcionando e gerando impactos positivos na operação. Porém, relataram que tiveram e estão tendo grandes desafios desde o planejamento até a sua implementação e em alguns casos demonstrar retorno financeiro sobre o investimento. De acordo com GM2, SA1 e SE1, a integração de sistemas foi um dos principais desafios da implantação da indústria 4.0, tanto na integração de sistemas de informação entre o MES, ERP e o PLM, como na integração com sistemas de máquinas e/ou equipamentos de distintos fabricantes.

GM1, SP1, SA1 e SE1 acrescentaram outros desafios relevantes da indústria 4.0 que tem enfrentado na empresa, que é a necessidade de mudança cultural na organização e a capacitação das pessoas para absorver essas novas tecnologias. Para enfrentar esses desafios a organização

tem capacitado os colaboradores através de treinamentos, realizando *benchmarking* em outras instituições, envolvendo-os de forma colaborativa nos desenvolvimentos e testes das tecnologias, gerando condições para desenvolver uma mentalidade inovadora e flexibilidade para lidar com as novas tecnologias. De acordo com SP1, há dificuldade de desenvolver fornecedores que ofereçam soluções tecnológicas robustas e que garanta a entrega prometida.

#### 4.2 ECE2 Tecnologias habilitadoras fomentando vantagem competitiva para a empresa

As tecnologias habilitadoras têm como objetivo desenvolver um ecossistema industrial inteligente com processos autônomos, flexíveis e integrados com dados em tempo real para tomada de decisão cada vez mais preciso, capazes de respostas eficientes e eficazes aos seus clientes, adaptando às novas demandas do mercado e melhorando a experiência do cliente, com a premissa de melhorar a qualidade dos produtos e serviços e reduzir os desperdícios e custos ao longo de toda a cadeia de valor, além de melhorar as condições de trabalho e sustentabilidade da empresa. As empresas que adotam os conceitos da indústria 4.0 puderam promover uma maior vantagem competitiva diante de um cenário de competitividade global (Accept, 2019).

##### 4.2.1 EOE2.1 Identificar se as tecnologias implantadas estão trazendo os resultados esperados.

A implementação das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 nos processos produtivos da indústria tem trazido resultados significativos. Entre maio de 2018 e outubro de 2019, o Serviço Nacional de Aprendizagem (SENAI) realizou um programa-piloto pioneiro “Indústria Mais Avançada” em 43 empresas de 24 estados, onde foram utilizadas tecnologias digitais de baixo custo, que aumentaram 22% em média a capacidade produtiva de micro, pequenas e médias empresas do segmento metalmecânica, alimentos e bebidas, calçados e vestuários e moveleiro, demonstrando o potencial que as novas tecnologias podem trazer para aumentar a competitividade dos negócios (CNI, 2019).

As empresas da região do Nordeste foram as que alcançaram maior ganho de produtividade, com aumento de 28,2% na média. Na sequência, as empresas do Centro-Oeste (22,44%), Norte (22,29%), Sudeste (18,42%) e Sul (6,37%) (Ind4.0, 2019). Segundo Boer et al., (2020), um grupo seletivo de fabricantes aplicaram uma variedade de recursos das tecnologias digitais em suas operações e alcançou resultados significativos em seus negócios. Essas empresas registraram reduções de 30 a 50% no tempo de indisponibilidade das máquinas, aumento de 15

a 30% na produtividade da mão de obra, aumento de 10 a 30% de eficiência e reduções de 10 a 20% no custo da qualidade. Além dos ganhos não mensuráveis, como: aumento de flexibilidade operacional para melhorar a experiência dos clientes e rápida resposta ao mercado na oferta de produtos e serviços.

Segundo SP2 e GM2, da indústria de máquinas agrícolas, o parque fabril com as máquinas conectadas a rede de *internet*, coletando os dados em tempo real e disponíveis para os usuários, permitiu tomar ações mais rápidas e assertivas. Com o acesso aos dados gerados de máquinas, possibilitou os analistas enxergarem várias oportunidades de melhorias nos processos produtivos. Assim, promovendo projetos de melhorias que alcançaram resultados positivos, como: aumento da eficiência operacional com aumento da produtividade e redução de desperdícios de atividades que não agregam valor, melhoria na qualidade dos produtos, redução de refugos e retrabalhos, redução de custo dos produtos e redução no tempo de entrega, conforme mencionado por SP1, GM1, GM2 e SE1.

Já o sistema de armazenagem automatizada e AGV para abastecimentos das linhas de montagem reduziu tempo de entrega e movimentação de materiais, melhorou a ergonomia e segurança dos operadores e melhorou a acuracidade na separação de peças, de acordo com o SA1. Com o PLM integrado ao MES, permitiu ilustrar aos montadores, o sequenciamento e roteiro de montagem de conjuntos e máquinas, em 3D ou vídeo, e conseqüentemente reduziu os erros operacionais de montagem ou esquecimento de componentes, segundo o SE1.

#### 4.2.2 EOE 2.2 Identificação de quais benefícios as tecnologias trouxeram após a implantação

Os benefícios das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 são diversos, onde essas novas tecnologias vêm sofrendo evolução constante e ao longo do tempo vem surgindo outras tecnologias inovadoras que tem impactado diretamente as empresas e a sociedade. Alguns desses benefícios incluem: aumento da eficiência operacional, redução de custos e aumento da capacidade produtiva gerados pelo aumento de eficiência e ganhos de produtividade, melhoria na qualidade de produtos e serviços oferecidos, maior flexibilidade na produção permitindo a personalização de produtos de acordo com as necessidades e expectativas dos clientes. Isso torna a tomada de decisão mais precisa devido à integração e conectividade das máquinas, processos e sistemas, facilitando a troca de informações em tempo real, maior segurança operacional e dos dados com a utilização das tecnologias de cibersegurança e desenvolvimento sustentável das empresa, por meio de redução de aspectos e impactos ambientais, redução de desperdícios e adoção de práticas mais sustentáveis na cadeia produtiva (Silva e Scur, 2021).

Dessa forma, os benefícios são variáveis de acordo com o nível de adoção das tecnologias habilitadoras pela empresa. Porém, a implementação das tecnologias da indústria 4.0 também traz grandes desafios e requer investimentos significativos que tragam retorno a empresa, capacitação de profissionais para suportar essas tecnologias e mudanças na cultura organizacional. Entretanto, os benefícios são significativos e podem impulsionar o crescimento das empresas, gerando oportunidades para o negócio e fomentar a competitividade.

De acordo com GM1 e GM2, as tecnologias habilitadoras implantadas no processo produtivo da empresa fabricante de máquinas agrícolas gerou inúmeros benefícios, como por exemplo: a redução de custos dos produtos, aumento da eficiência operacional e da produtividade, melhoria no controle e na qualidade dos produtos e a redução do *lead time* de produção. Além destes, houve melhorias na ergonomia e segurança dos colaboradores, na redução de atividades que não agregam valor ao produto e serviço, na redução de refugos e retrabalhos, na redução de erros operacionais. Foi possível observar, também, que aumentou a eficiência na rastreabilidade, a agilidade na resolução de problemas, nas tomadas de decisão e na assertiva e otimização da área fabril. Todos esses benefícios gerados contribuíram significativamente para aumentar a competitividade da empresa no mercado global.

#### 4.3 Discussão dos resultados.

Passamos, então, para a etapa de reflexão e discussão dos resultados. Retomando a questão de pesquisa: *Como as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, no processo produtivo, fomentam a vantagem competitiva?* E apoiado pela revisão bibliográfica e nos dados coletados, propomos as seguintes reflexões:

(R1) - Identificar as tecnologias habilitadoras no processo produtivo: A empresa está em um nível de maturidade da indústria 4.0. Foi observado que há setores com diferentes níveis de maturidade, devido ao grau de adoção das tecnologias habilitadoras em seus respectivos setores e departamentos. A empresa tem buscado fazer avaliações para entender qual é o estágio que se encontram e, dessa forma, identificar as oportunidades para evoluir tecnologicamente. O entendimento de quais são as tecnologias habilitadoras, e como estas estão inseridas nos processos da empresa, é fundamental para definir as prioridades e adotar as mais emergenciais, que poderão trazer mais benefícios com sua implementação. Com base nas informações obtidas nas entrevistas, nos documentos e nas observações feitas, a empresa tem adotado as novas

tecnologias nos seus processos produtivos e com o tempo evoluindo a sua maturidade da indústria 4.0.

(R2) - Analisar se essas tecnologias implementadas estão funcionando: As tecnologias, habilitadoras por serem inovações tecnológicas, são inerentes os desafios em sua adoção, pois requer conhecimento técnico, ou seja, necessitam de profissionais capacitados, tanto para o desenvolvimento da tecnologia, como para operação, fornecedores e parceiros capacitados, investimento significativos, mais segurança dos dados da empresa e questões de regulamentação para garantir uma implementação adequada e eficaz conforme requerido e desejado no projeto.

A empresa atende o mercado brasileiro e externo e tem mais de sete décadas de existência, conseqüentemente, possui em seu parque fabril equipamentos antigos em funcionamento, com tecnologias obsoletas, equipamentos de diversos fabricantes com sistemas e softwares distintos. Isso tem gerado grandes desafios à empresa, para conexão, comunicação e integração das máquinas. Conseqüentemente, com isso, há um aumento da demanda por maior segurança cibernética devido à crescente conectividade e complexidade dos sistemas industriais. Os desafios se estendem tanto para equipe técnica interna, como para os fornecedores e parceiros. Porém, a empresa vem superando esses desafios e conseguindo colocar em funcionamento as tecnologias adotadas, gerando muito aprendizado e maturidade nas inovações.

(R3) - Identificar se as tecnologias implantadas estão trazendo os resultados esperados: a adoção e implementação das tecnologias da indústria 4.0 tem trazido diversos benefícios e oportunidades para os negócios, embora a maioria das literaturas e publicações não fornecerm os resultados quantitativos alcançados. Isso também ocorreu nas entrevistas, em que as informações compartilhadas dos benefícios alcançados eram qualitativas. Os resultados dependem da qualidade do planejamento e implementação das tecnologias e a melhoria dos resultados está sendo alcançado através da constância de aprendizagem e capacitação, análise crítica dos dados e melhoria contínua, conforme mencionado pelo GM1.

(R4) - Identificar quais benefícios as tecnologias trouxeram após a implantação: os benefícios dependem do grau de aderência e implementação das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 na empresa. Com a implantação das novas tecnologias no processo produtivo da indústria fabricante de máquinas agrícolas foi possível obter benefícios que contribuirão para a competitividade da organização. Como resultado da análise, verificou-se um crescimento da eficiência operacional, devido ao aumento da produtividade, melhoria da qualidade dos produtos e no controle de qualidade e do processo. Verificou-se, também, uma redução de

perdas, na forma de refugos e de custo da não qualidade, redução dos riscos ergonômicos e aumento da segurança operacional, melhores níveis de atendimento e prazo de entrega.

Além desses, houve uma melhora na gestão das operações, da qualidade da informação, com a redução de papel na fábrica, na qualidade das informações na fábrica. Por fim, houve um aumento do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), melhorou o sistema de segurança cibernética e com a internet 5G oferecendo maior velocidade de conexão, com menor latência, ficou mais fácil a comunicação e o compartilhamento de dados de máquinas em tempo real, contribuindo para uma melhor tomada de decisão.

## **5 Considerações Finais**

O objetivo deste estudo foi compreender como as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, no processo produtivo de uma indústria fabricante de máquinas agrícolas, fomentam a vantagem competitiva. Para alcançar esse objetivo foi realizado uma pesquisa qualitativa, por meio de um estudo de caso, onde foram realizadas entrevistas, análise documental e observações diretas. A partir da análise dos resultados entendemos que a empresa estudada é competitiva no mercado de atuação, nacional e global, principalmente por estar sempre inovando em seus produtos, processos e serviços, desde a sua fundação até hoje. Isso evidencia que a empresa realmente segue os seus valores. Nesse contexto citamos dois dos dez valores da empresa: “Cliente Feliz” e “Espírito Inovador”.

Como limitações, aponta-se um baixo número de entrevistados, mas em função da ampliação da empresa e com as mudanças para um novo prédio industrial, em outro distrito, no período da coleta de dados, limitou-se à realização de entrevistas. Outro ponto limitador foi o fato de que algumas entrevistas tiveram que ser realizadas de forma online, o que acabou restringindo um pouco o diálogo e minimizando possíveis contribuições adicionais na coleta dos dados. Como futuras linhas de pesquisa, sugere-se a realização de comparativos com outras organizações, do mesmo setor de atuação ou não, de diferentes portes e com empresas de nível nacional ou global.

Os estudos que abrangem o tema Indústria 4.0 seguem sendo relevantes para as organizações, tanto no Brasil como no mundo, pois os desafios para as empresas são grandes, como altos investimentos em soluções tecnológicas, adaptação de processos e formas de relacionamentos entre empresas ao longo da cadeia produtiva, competência técnica e mudança cultural.

## Referências

- ACCEPT. **Vantagens da indústria 4.0: A nova era da competitividade.** 2019. Disponível em: <https://www.accept.pt/vantagens-da-industria-40-competitividade/>. Acesso em: 18 julho. 2023.
- ALMEIDA, P. S. **Princípios básicos, aplicabilidade e implantação na área industrial.** 1. ed. São Paulo: Érica, 2019.
- ALVES, M.; BLIKSTEIN, I. Análise da narrativa. In: GODOI, C., MELLO, R. & SILVA, A. (orgs). **Pesquisa Qualitativa em Estudos Organizacionais: paradigmas, estratégias e métodos.** Editora Saraiva. 2006. p. 403-428.
- ANDRADE, R. B. **Reversão da desindustrialização é crucial para o Brasil crescer de forma sustentável.** 2022. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/artigos/robson-braga-de-andrade/reversao-da-desindustrializacao-e-crucial-para-o-brasil-crescer-de-forma-sustentavel/>. Acesso em: 20 abril. 2023.
- AREND, S. C.; LUZ, M. W. da. A Desindustrialização no COREDE Paranhana-Encosta da Serra (RS) entre os anos de 1985 e 2020. **COLÓQUIO – Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 19, n. 4, out./dez., p. 98-115, 2022.
- BOER, E.; FRITZEN, S.; KHANAM, R.; LEFORT, F. **Preparing for the next normal via digital manufacturing's scaling potential.** McKinsey & Company. 2020. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/preparing-for-the-next-normal-via-digital-manufacturings-scaling-potential#/>. Acesso em: 16 julho. 2023.
- BOSTON CONSULTING GROUP (BCG). **Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries.** 2015. Disponível em: [https://www.bcg.com/publications/2015/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_4\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries](https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries). Acesso em: 19 abril. 2023.
- CANO, W. A desindustrialização no Brasil. **Economia e Sociedade**, v. 21, p. 831-851, dez. 2012.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Importância da indústria.** 2023. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/importancia-da-industria/#:~:text=A%20import%C3%A2ncia%20da%20Ind%C3%BAstria%20para,empresarial%20em%20pesquisa%20e%20desenvolvimento>. Acesso em: 17 abril. 2023.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Perfil da indústria brasileira.** 2023. Disponível em: <https://industriabrasileira.portaldaindustria.com.br/grafico/total/producao/#/industria-total>. Acesso em: 2 março. 2023.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Perfil da indústria brasileira.** 2022. Disponível em: <https://industriabrasileira.portaldaindustria.com.br/grafico/total/exportacoes/#/industria-transformacao>. Acesso em: 21 abril. 2023.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **O futuro da indústria.** 2022. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/industria-40-69-das-industrias-brasileiras-fazem-uso-de-tecnologia-digital-no-brasil/>. Acesso em: 7 maio. 2023.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos.** 2019. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>. Acesso em: 16 julho. 2023.
- FURTADO, C. **Teoria e Política do Desenvolvimento Econômico.** São Paulo: Abril Cultural, 1983.

GEISSBAUER, R.; VEDSO, J.; SCHRAUF, S. **Indústria 4.0: Digitalização como vantagem competitiva no Brasil**. PricewaterhouseCoopers Brasil, 2016. Disponível em: [https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/servicos/assets/consultoria\\_negocios/2016/pwc-industry-4-survey-16.pdf](https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/servicos/assets/consultoria_negocios/2016/pwc-industry-4-survey-16.pdf). Acesso em: 20 abril. 2023.

GODOY, Arlida S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

HARTLEY, Jean F. **Case studies in organizational research**. In: CASSEL, Catherine; Symon, Gillian (eds.) *Qualitative methods in organizational research: A practical guide*. Sage Publications, 1994. p. 208-229.

IND4.0. **Tecnologias da Indústria 4.0 aumentam em 22%, em média, produtividade em PMEs**. 2019. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/noticias/19206-tecnologias-da-industria-40-aumentam-em-22-em-media-produtividade-em-pmes>. Acesso em: 17 julho. 2023.

KERLINGER, Fred N. **Metodologia da pesquisa em ciências sociais: um tratamento conceitual**. EPU/EDUSP, São Paulo: 1979.

PACCHINI, A. P. T. **O grau de prontidão das empresas industriais para implantação da indústria 4.0: Um estudo no setor automotivo brasileiro**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Universidade Nove de Julho. São Paulo, SP, Brasil. 2019.

PAZ, P. P.; LAMBERTI, E. Planejamento e Industrialização: relações com o desenvolvimento de Mato Grosso do Sul (MS). **COLÓQUIO – Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 19, n. 4, out./dez., p. 74-97, 2022.

PEDERNEIRAS, G. **Integração de sistemas na Indústria 4.0**. 2019. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/17953-integracao-entre-sistemas-na-industria-40>. Acesso em: 28 outubro. 2023.

PORTES, R. **10 obstáculos para a implementação da indústria 4.0 no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://www.startse.com/artigos/10-obstaculos-para-a-implementacao-da-industria-40-no-brasil/>. Acesso em: 19 julho. 2023.

RODRIGUES JÚNIOR, J. E.; LIMA, E. de S. Distribuição especial das atividades agrícolas e não agrícolas nas microrregiões piauienses. **COLÓQUIO – Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 19, n. 4, out./dez., p. 207-233, 2022.

SACOMANO, J. B.; GONÇALVES, R. F.; SILVA, M. T.; BONILLA, S. H.; SÁTYRO, W. C. **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. 1. ed., São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2018.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial**. 1. ed., São Paulo: Editora Edipro, 2018.

SILVA, J. A. Regional deindustrialization: concepts, causes, effects and the Brazilian case. **Gestão & Produção**, v. 26, n. 4, p. 1-12, 2019.

SILVA, E.; SCUR, G. **Influências das tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 sobre a sustentabilidade: Enfoque no Tripple Bottom Line**. EMPRAD – Encontro dos Programas de Pós-graduação Profissionais em Administração. FEA/USP. São Paulo, 2021.

TROCHIM, W. M. K. Outcome Pattern Matching and Program Theory. **Evolution and Program Planning**, v.12, p. 355-66, 1989.

VERGARA, Sylvia C. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2015.