REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO
MANAGEMENT AND ADMINISTRATIVE PROFESSIONAL REVIEW
ISSN: 2178-9010

Revista GeSec
São Paulo, SP, Brasil, v. 14, n.9, p. 15894-15911,2023

DOI: http://doi.org/10.7769/gesec.v14i9.2632

Indústria 4.0: caminhos da transição e estratégias de inovação em empresas de autopeças no Brasil

Industry 4.0: transition paths and innovation strategies in auto parts companies in Brazil

Sergio Miele Ruggero[1]
Nilza Aparecida dos Santos[2]
Márcia Terra da Silva[3]

Resumo

A integração de tecnologias associada às estratégias de inovação pode favorecer a competitividade em empresas de pequeno e médio porte. Ainda que para essas empresas os entraves sejam maiores, tornando a transição à Indústria 4.0 mais lenta quando comparadas às organizações de grande porte, facilitadores como o *lean manufacturing* e adoção de estratégias inovadoras podem acelerar o acesso à transição. O objetivo deste artigo foi identificar e analisar como os impedimentos, ganhos e facilitadores para a transição à Indústria 4.0, influenciam as estratégias de inovação de pequenas e médias empresas do segmento automotivo no Brasil. Os métodos utilizados foram a pesquisa survey aplicada a 51 gestores da área industrial de empresas do segmento automotivo e o estudo de caso único em uma empresa de autopeças, de porte médio, localizada na Grande São Paulo. Os principais resultados apontaram que estratégias inovadoras podem propiciar a criação de novos negócios, além de indicar meios e caminhos possíveis para facilitar o acesso de empresas do segmento automotivo à transição para a Indústria 4.0.

[1] Mestre em Engenharia de Produção, Universidade Paulista (UNIP), R. Dr. Bacelar, 1212, Vila Clementino, São Paulo – SP, CEP: 04026-002. E-mail: smruggerro@uol.com.br Orcid: https://orcid.org/0000-0002-2370-2238
[2] Doutora em Engenharia de Produção, Universidade Paulista (UNIP), R. Dr. Bacelar, 1212, Vila Clementino, São Paulo – SP, CEP: 04026-002. E-mail: nilza.santos@uol.com.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-9037-0686
[3] Doutora em Engenharia de Produção, Universidade Paulista (UNIP), R. Dr. Bacelar, 1212, Vila Clementino, São Paulo – SP, CEP: 04026-002. E-mail: marcia.terra@uol.com.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-5314-4978

Palavras-chave: Estratégias. Indústria 4.0. Inovação. *Lean Manufacturing*.

Abstract

The integration of technologies, associated with innovation strategies, can favor the competitiveness in small and medium-sized companies. Although for these companies the obstacles are bigger, making the transition to Industry 4.0 slower when compared to large enterprises, facilitators such as lean manufacturing and the adoption of innovative strategies can accelerate access to the transition. The objective of this paper was to identify and analyze how the impediments, gains and facilitators for the transition to Industry 4.0 influence the innovation strategies of small and medium-sized companies in the automotive segment in Brazil. The methods used were the survey research applied to 51 managers of the industrial area of companies in the automotive segment and the single case study in a medium-sized auto parts company located in Greater São Paulo. The main results pointed out that innovative strategies can foster the creation of new businesses, as well as indicate means and possible ways to facilitate the access of companies in the automotive segment to the transition to Industry 4.0.

Keywords: Strategies. Industry 4.0. Innovation. *Lean Manufacturing*.

Introdução

O conceito de Indústria 4.0 emerge como uma oportunidade em direção à competitividade, visto que abarca as principais inovações tecnológicas relacionadas ao campo da automação, controle e tecnologia da informação (Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A, 2015). Mas, além dos recursos tecnológicos, a ideia de Indústria 4.0 contempla os sistemas de informação, a estrutura organizacional e a cultura das empresas (Schuh et al., 2017).

No tocante à trajetória de cada empresa, considera-se que não há um padrão quanto ao processo e duração total da transformação, sendo necessária a realização de diagnóstico para definir os objetivos de médio e longo prazo em relação ao uso de tecnologias (Schuh et al., 2017) e, baseado nessa visão de longo prazo, especificar o modelo de fabricação a ser adotado e o programa de transformação adequados à situação da companhia (Almada-Lobo, 2016). Ao final espera-se com a implementação desse conjunto de tecnologias e mudanças organizacionais, aumentar o desempenho dos processos de produção e o desenvolvimento de

novos modelos de negócios, gestão e estratégias organizacionais, tornando as empresas mais eficientes, inovadoras e ágeis (Frank, 2019; Zheng et al., 2020).

Entretanto, nem todas as empresas conseguem avançar no mesmo ritmo, sendo a falta de conhecimento sobre o tema um entrave relevante, situação encontrada no Brasil, principalmente entre as empresas de pequeno e médio porte (CNI, 2016).

Além da falta de conhecimento sobre o assunto, as pequenas e médias empresas apresentam uma série de limitações para a implantação de novas tecnologias, entre elas, restrições de recursos técnicos-financeiros, mas por outro lado mostram capacidade e estratégias de inovação (Giudice et al., 2021) e podem gerar novos processos e estruturas organizacionais flexíveis (Felin, 2016).

Outra dificuldade a destacar refere-se às competências necessárias para se adequar, o que demanda das organizações a habilidade de criar estruturas e desenvolver estratégias inovadoras (Neeley, 2015). Neste contexto, é importante enfatizar que a filosofia do *lean manufacturing*, associada às novas tecnologias, pode facilitar soluções para a implementação da Indústria 4.0 e que as empresas de menor porte baseiam-se em modelos de negócios centrados na eficiência de seus processos (Müller, 2021).

Desta forma, para a transformação em direção à Indústria 4.0 é necessário o domínio prático e conceitual de quatro áreas-chave: tecnologia, estratégia, soluções estruturais, atitudes e competência social (Adamik, 2019).

Ressalte-se que os requisitos e dificuldades mencionados remetem às organizações inovadoras-empreendedoras, visto que as empresas mais competitivas são as que mais investem em inovação. A aproximação da robustez das grandes indústrias à criatividade de startups de base tecnológica no processo de inovação é uma das estratégias mais promissoras na solução de problemas globais (FIRJAN, 2019).

Contudo, a literatura ainda não aborda de forma suficiente os benefícios e requisitos necessários para que pequenas e médias empresas possam adotar a Indústria 4.0, o que gera lacunas de pesquisa (Moeuf et al., 2018).

Assim, este artigo se propõe a sanar algumas destas lacunas por meio da seguinte questão: Como elementos relativos à transição para a Indústria 4.0 influenciam as estratégias de inovação de pequenas e médias empresas? Especificamente, tem por objetivo identificar e analisar como os impedimentos, ganhos e facilitadores para a transição à Indústria 4.0, influenciam as estratégias de inovação de pequenas e médias empresas do segmento automotivo no Brasil.

Referencial Teórico

A Indústria 4.0 é uma oportunidade tecnológica que pode modificar a forma como as empresas criam valor para seus clientes (Oesterreich e Teuteberg, 2016), uma vez que possui impacto de longo prazo no desenvolvimento industrial global, indicando uma demanda crescente por pesquisas sobre questões, desafios e soluções relacionadas ao design, implementação e gerenciamento de sistemas de manufatura inteligentes (Xu et al., 2018).

A utilização dessas tecnologias pode trazer benefícios significativos para o setor produtivo e, consequentemente, para outros departamentos, aumentando a produtividade da empresa (Schuh et al., 2014). No entanto, o acesso a recursos para investimento em novas tecnologias é variável e pode ser uma barreira para as empresas de menor porte. Por consequência, a aplicação de novas tecnologias é feita de forma gradual, conforme as necessidades econômicas e operacionais de cada organização (Schuh et al., 2014).

Além disso, pequenas e médias empresas podem enfrentar dificuldades para adquirir mão de obra qualificada, o que pode prejudicar o desenvolvimento da expertise necessária para a implementação e utilização bem-sucedidas de tecnologias de manufatura digital (Krishnan e Scullion, 2017). Também, introduzir novas soluções técnicas em um sistema organizado pode ser um desafio para essas empresas, que, apesar de sua maior capacidade de adaptação, muitas vezes subestimam o custo e as dificuldades envolvidas (Cimini, et al., 2021).

Neste contexto, desenvolver habilidades que proporcionem aos funcionários um senso de propriedade, confiança e uma cultura de interconectividade e transparência de informações, é fundamental para que as empresas possam aproveitar as tecnologias e adaptar novos processos (Stentoft et al., 2021). Assim, as empresas procuram entender como a Indústria 4.0 pode transformar as habilidades e competências profissionais e a estrutura organizacional da empresa (Erol et al., 2016), discutindo-se ainda o papel dessas novas tecnologias na criação ou destruição de empregos (Weber, 2016).

Um outro ponto importante é a gestão da inovação, que se relaciona com a habilidade da empresa em se adaptar às transformações do mercado e fomentar a flexibilidade da organização por meio da aprendizagem e do equilíbrio entre conhecimento e exploração tecnológica (Reeves, Zeng e Venjara, 2015).

A utilização de novas tecnologias pode variar entre empresas que apresentam diferentes níveis de maturidade e, a integração dessas tecnologias pode gerar soluções personalizadas para cada caso (Vermulm, 2018).

Neste sentido, a implantação da Indústria 4.0 pode ser favorecida por elementos como a cultura de inovação e mudança e, a filosofia de gestão do *lean manufacturing*, considerada um método de melhoria de fabricação com foco no cliente (Sony, 2018).

Para moldar suas estratégias de inovação, as empresas precisam absorver novas informações do ambiente e usá-las internamente (Kranz et al., 2016). Entretanto, as empresas que estão utilizando tecnologias da Indústria 4.0 podem descobrir que tecnologias usadas no passado ainda apresentam melhores taxas de custo-benefício quando comparadas com as novas (Veile, Kiel, Müller, & Voigt, 2019).

Assim, para enfrentar as mudanças constantes no ambiente tecnológico, as organizações precisam equilibrar suas decisões entre o presente e o futuro e, confiar em sua capacidade de absorção para inovar seu modelo de gestão e projetar sua estratégia de inovação (Kranz et al., 2016).

Dessa forma, as empresas devem começar uma jornada de transformação digital, mesmo diante dos desafios a enfrentar, levando em conta mudanças em toda a empresa, incluindo organização, infraestrutura física, recursos humanos, gestão de processos e operações e tecnologias de manufatura (Gilchrist, 2016). Portanto, é importante não considerar a transição como a solução para os desafios a serem vencidos, mas sim como uma estratégia para repensar o modelo de gestão como um todo (Erol et al., 2016).

Os modelos de maturidade propiciam a identificação de um grupo de condições para que as empresas alcancem seus objetivos (Wendler, 2012). O modelo de maturidade detalhado por Schuh et al., (2017) com base nas dimensões de recursos, sistemas de informação, estrutura organizacional e cultura, estabelece estágios de maturidade e pré-requisitos essenciais para determinar o estágio atual para transformação das empresas, conforme quadro 1 a seguir.

Etapa	Características
1 Informatização	Introdução de tecnologias da informação de modo isolado; Automatização de tarefas repetitivas; Fornece a base para a digitalização.
2 Conectividade	Máquinas automatizadas e conectadas com integração de dados; Substituição da implantação isolada da tecnologia de informação por componentes interligados; Partes dos processos operacionais fornecem conectividade e interoperabilidade.
3 Visibilidade	Geração de grande volume de dados; Criação da sombra digital da empresa; Sensores que capturam os processos do início ao fim com muitos dados; Cria condições para os estágios posteriores.
4 Transparência	Identifica e interpreta as interações na sombra digital; Requisito para manutenção preditiva.
5 Previsibilidade	Com projeção da sombra digital é possível retratar possíveis cenários; Antecipa problemas nas máquinas; Permite programação de manutenções.

6 Adaptabilidade	Os sistemas se adaptam a processos autônomos; Exige colaboração dinâmica, revisando e desenvolvendo competências; Mudança é a diretriz fundamental.

Quadro 1: Estágios de Maturidade
Fonte: Adaptado de Schuh et al., (2017)

Metodologia

No presente artigo, foram utilizados dois métodos para investigação: a pesquisa survey e o estudo de caso único. O segmento automotivo foi o escolhido dada sua importância para a economia brasileira, seja pela participação no PIB (Produto Interno Bruto), pela geração de empregos, investimentos em inovação e por significativos encadeamentos em seus processos de produção (Daudt; Willcox, 2018).

A pesquisa survey coletou dados primários, por meio do envio de 60 questionários para diretores, gerentes, supervisores e líderes que trabalham nas áreas de manufatura e engenharia industrial em empresas de pequeno e médio porte e montadoras do referido segmento.

O questionário foi elaborado com 12 perguntas, distribuídas de maneira aleatória, para serem preenchidas por meio de plataforma eletrônica, sendo que 2 questões foram destinadas à qualificação da amostra. Nas demais questões foram abordados aspectos relacionados com as dimensões relevantes para a implementação da Indústria 4.0: o uso de novas tecnologias, impedimentos, expectativas de ganhos e facilitadores para a transição.

As questões foram desenvolvidas com base no referencial teórico de Schuh et al., (2017) e nos estágios de maturidade mencionados no quadro 1. Dos 60 questionários enviados, 51 foram respondidos (39 profissionais de empresas de pequeno e médio porte e 12 de empresas montadoras).

Após a realização da pesquisa survey, uma empresa foi selecionada e convidada a participar de uma pesquisa mais profunda via estudo de caso. Na seleção do objeto de análise foram considerados aspectos relativos ao uso de tecnologias abarcadas pela Indústria 4.0, estratégias de inovação e modelo de gestão diferenciado em relação às demais empresas participantes da survey.

O caso escolhido foi uma empresa de autopeças, de porte médio, que atua no mercado automotivo há mais de 50 anos, localizada na Grande São Paulo/Brasil. A empresa que será denominada neste artigo como “Empresa X” foi escolhida entre as demais, pela sua estratégia diferenciada para transição, resultados obtidos, além da disponibilidade em participar da pesquisa.

Os dados foram coletados por meio de entrevista aberta semiestruturada realizada com o sócio presidente da empresa, visitas técnicas e por observações diretas que possibilitaram a percepção sobre operações técnicas e estratégias para a transição à Indústria 4.0. Além das perguntas propostas na entrevista, algumas informações foram fornecidas pelo respondente de forma espontânea e são retratadas nos resultados e discussões.

Resultados e Discussões

Para melhor entendimento dos resultados obtidos, os dados foram divididos em três seções. A primeira para explicitar resultados e análises da pesquisa survey, a segunda com detalhamento do estudo de caso e a terceira com discussões gerais.

4.1 Pesquisa Survey

Os resultados encontrados na pesquisa survey são apresentados nas figuras e quadros a seguir.

Os dados mostrados na figura 1 retratam o cenário das empresas pesquisadas em relação à conectividade de dados, controle, sensoriamento e comunicação entre máquinas.

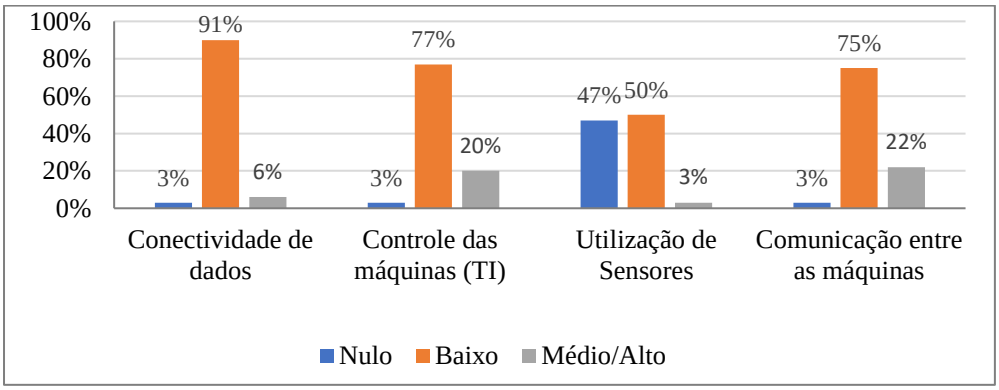

Figura 1: Cenário da conectividade de dados
Fonte: Elaborado pelos autores

A dificuldade em relação à conectividade mencionada por 91% dos participantes corrobora com uma pesquisa realizada no Brasil (ABIMAQ, 2018), que aponta que 91% das empresas nacionais não estão conectadas.

A utilização de sensores, controle e comunicação entre máquinas também se situam em níveis nulo e baixo o que denota que entraves dificultam o avanço da transição.

A figura 2 apresenta o uso de tecnologias relacionadas à Indústria 4.0, considerando a percepção dos respondentes da pesquisa.

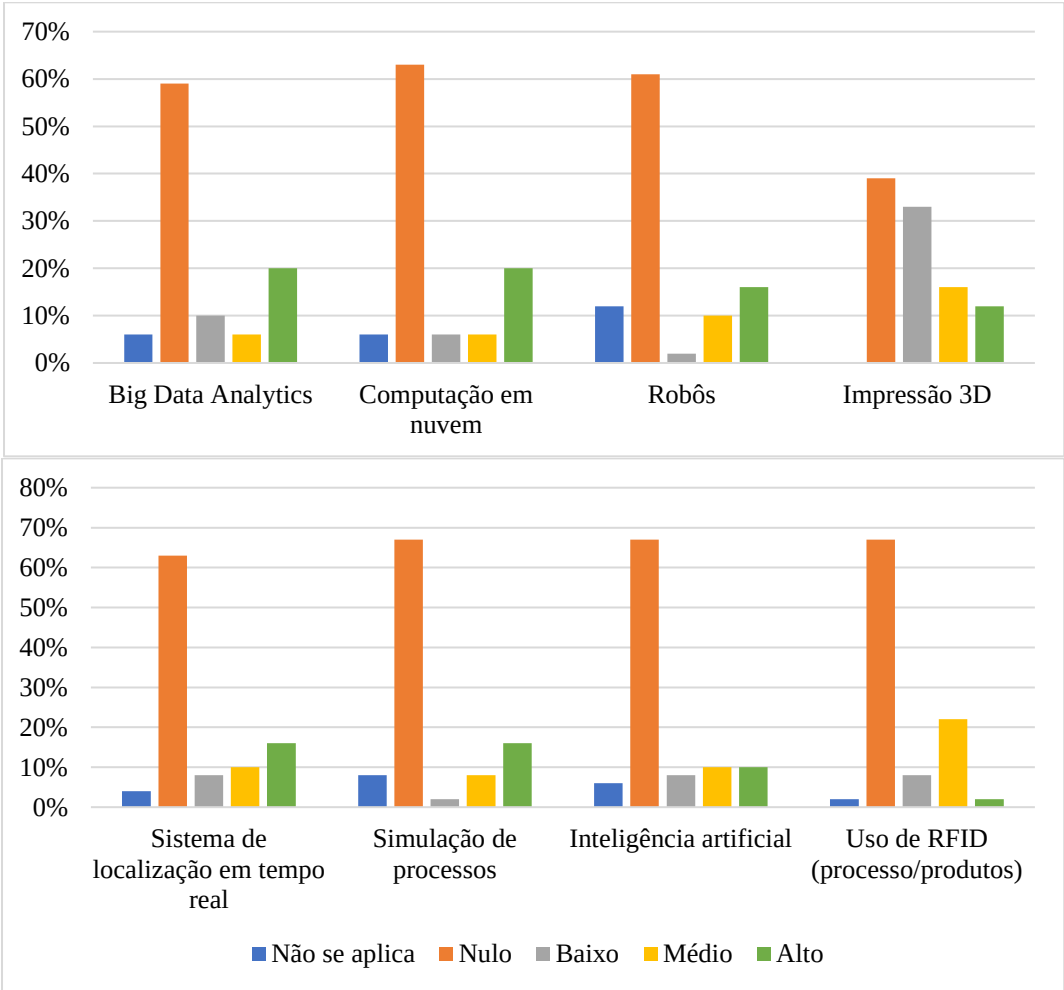

Figura 2: Utilização de tecnologias
Fonte: Elaborado pelos autores

As diferentes tecnologias apresentam uso baixo e/ou nulo (figura 2) na maior parte das empresas pesquisadas. Ressalta-se que no detalhamento dos dados verificou-se que apenas as montadoras possuem percentuais classificados como médios e altos, o que corrobora com pesquisas da CNI (2016).

Outros pontos analisados referem-se aos gargalos para o uso de tecnologias e ganhos que podem ser obtidos pela transição à Indústria 4.0, conforme quadro 2.

Gargalos	%
Falta de conexão entre os participantes da cadeia de negócios	73
Indisponibilidade de recursos financeiros/ Falta de indicadores de retorno	61

Ganhos	%
Agilidade nos processos produtivos	84
Maior disponibilidade de informações	85

Crise econômica ou outros fatores externos	55		Redução de custos	75
Conhecimento restrito	35		Melhoria na qualidade do produto	51
Falta de mão de obra qualificada para utilização de novas tecnologias.	29		Vantagem Competitiva	39

Quadro 2: Gargalos e ganhos relativos ao uso de tecnologias
Fonte: elaborado pelos autores

Os gargalos indicados pelos participantes da pesquisa confirmam pesquisas secundárias (Santos et al., 2019) que além destes também fazem menção aos altos custos logísticos e a infraestrutura precária.

A falta de mão de obra qualificada e o baixo conhecimento apontados podem dificultar ainda mais a transição, situação essa também apontadas em pesquisas da CNI (2018).

Outro aspecto a destacar refere-se ao nível de investimento restrito para novas tecnologias que também é retratado em pesquisas da IEDI (2017) e CNI (2018), as quais colocam que o nível de investimento está relacionado à busca das empresas por redução de custos.

Em relação aos ganhos esperados, os mais citados foram agilidade nos processos produtivos, maior disponibilidade de informações e redução de custos, entretanto essa oportunidade ainda se mostra distante, para as referidas empresas, diante do cenário retratado na presente pesquisa.

A figura 3 a seguir faz uma síntese dos resultados obtidos considerando as respostas dos respondentes na pesquisa survey.

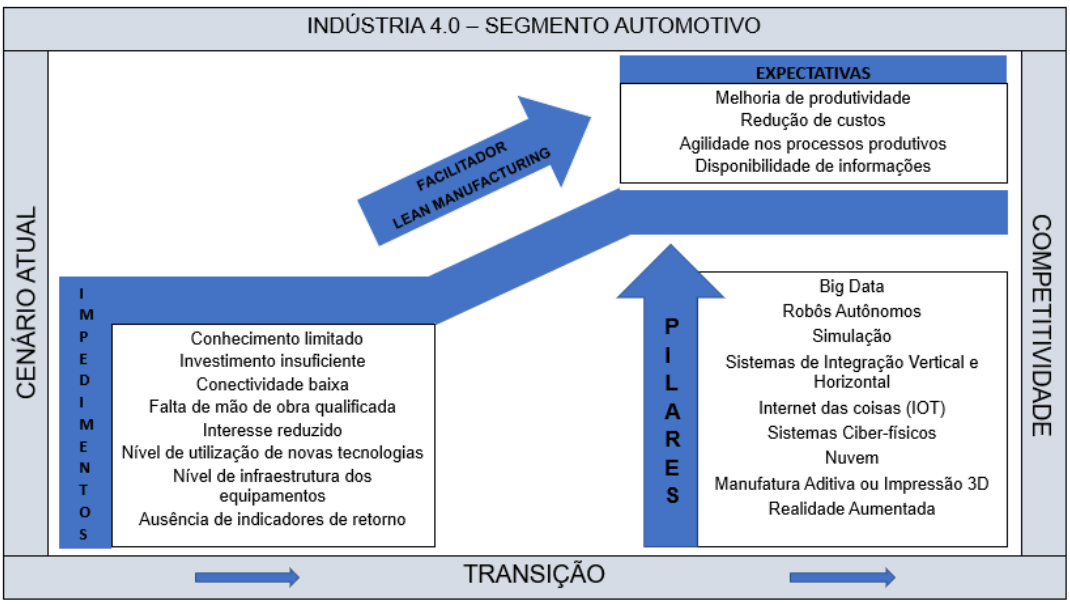

Figura 3: Síntese dos resultados obtidos
Fonte: Elaborado pelos autores

Com base na situação relatada pelos respondentes foi possível apurar os impedimentos e expectativas de ganhos e o facilitador para a transição amparados pelos pilares tecnológicos relativos à Indústria 4.0.

Os impedimentos apontados podem até ser os mesmos para autopeças e montadoras, mas a intensidade e o fator tempo de reação são diferentes, especialmente para as pequenas e médias empresas da cadeia automotiva, visto que as montadoras têm respaldo das suas matrizes e fazem investimentos relevantes.

A filosofia do *lean manufacturing* foi apontado como um facilitador do processo de transição, capaz de eliminar desperdícios, segregar o que não agrega valor, ou seja, otimizar o processo produtivo, através das suas ferramentas enxutas consideradas essenciais para liberar o potencial da Indústria 4.0. Destaca-se ainda que essa filosofia tem sido umas das estratégias mais utilizadas nas últimas três décadas (Sony, 2018), como método de melhoria de fabricação (Sanders; Elangeswaran; Wulfsberg, 2016).

Nesta perspectiva, a filosofia de gestão do *lean* e a Indústria 4.0 além de caminharem juntas, complementam-se de uma forma diferente, mais que uma simples soma, resultam em uma sinergia.

A rampa de acesso para atingir as expectativas, ilustrada na figura 3, pode variar de inclinação, aumentar, diminuir ou até ser nivelada, dependendo da realidade de cada empresa. Contudo, apesar da singularidade das dificuldades, o *lean* aparece como facilitador para o processo de transição nas mais variadas organizações.

Por outro lado, embora os resultados apontem para uma trajetória desconhecida, em função do baixo conhecimento sobre o tema, pequenos investimentos e prioridade de sobrevivência das autopeças, existe um caminho a percorrer que engloba a distância e a dificuldade para chegar.

Salienta-se que a competitividade (figura 3) refere-se ao encontrado na literatura (Rüßmann et al., 2015; Khan, 2016; CNI, 2018), visto que os participantes da pesquisa deram pouca ênfase à vantagem competitiva.

Embora a pesquisa survey permitiu conhecer como as empresas do segmento de autopeças enfrentam as dificuldades para realizar a transição, o estudo de caso oportunizou um melhor entendimento, especialmente da demanda por conhecimento técnico.

4.2 Estudo de Caso

O estudo de caso que aprofunda as questões estudadas na presente pesquisa, foi realizado em uma empresa de autopeças de médio porte, localizada na Grande São Paulo. A entrevista foi realizada com o sócio presidente da empresa, por ser a pessoa envolvida com todos os processos relativos à transição.

Os resultados obtidos, a partir da entrevista concedida pelo gestor da empresa são resumidos no quadro 3.

Assuntos abordados	Respostas
Capacidade e habilidades para adaptar-se às mudanças tecnológicas.	Aberta e receptiva às mudanças tecnológicas, sem paradigmas preexistentes.
Alinhamento das estratégias e cultura organizacional para Indústria 4.0.	Cultura da empresa aberta às mudanças, facilidade no alinhamento das estratégias de inovação.
Efeitos da transição na competitividade.	Abertura de caminhos para novos negócios tornando a empresa mais competitiva.
Estratégias da empresa para realizar a transição à Indústria 4.0	Visão sistêmica, capacitação de pessoal e troca de conhecimentos e experiências.
Resultados obtidos com as estratégias adotadas.	Motivação das equipes, ganhos em produtividade, criação de unidade de negócios independente (Startup) e uma escola de competência digital.
Influência do mercado na decisão de investimento em novas tecnologias.	Influencia a competitividade e sobrevivência da empresa de modo sustentável.
Mudanças provocadas pela transformação digital na estrutura organizacional e no planejamento estratégico.	Criação de um departamento de Inteligência artificial e o planejamento estratégico passou a priorizar novos modelos de negócios.

Quadro 3: Estratégia e Competência para Indústria 4.0
Fonte: Elaborado pelos autores

O relatado pelo entrevistado aponta que a estratégia e competência da empresa para implantação da Indústria 4.0 é inovadora, a cultura da empresa é aberta às transformações e, a adoção de tecnologias pode ser uma estratégia eficaz para a empresa se manter competitiva e inovadora.

O executivo principal da empresa se considera um profissional aberto às novas perspectivas, característica necessária conforme Ehret e Wirtz (2017), os quais afirmam que as empresas precisam desenvolver novas formas de pensar dentro e fora do ambiente corporativo.

Para se adequar a estas estratégias, a empresa inicialmente optou por um processo de digitalização para maximizar a capacidade humana, com a utilização de máquinas e equipamentos disponíveis. A opção de utilizar máquinas existentes ocorreu em função do alto investimento necessário para a aquisição de novas máquinas.

Considera ainda que a decisão de investir é afetada pela competitividade do mercado e pela necessidade de sobrevivência da empresa, o que confirma a ideia de que a adaptação

das empresas às mudanças do mercado pode ocorrer por meio da aprendizagem e do equilíbrio entre conhecimento versus exploração tecnológica (Reeves, Zeng e Venjara, 2015).

As mudanças implementadas pela empresa para realização da transição à Indústria 4.0 são explicitadas nas figuras 4 e 5, a seguir.

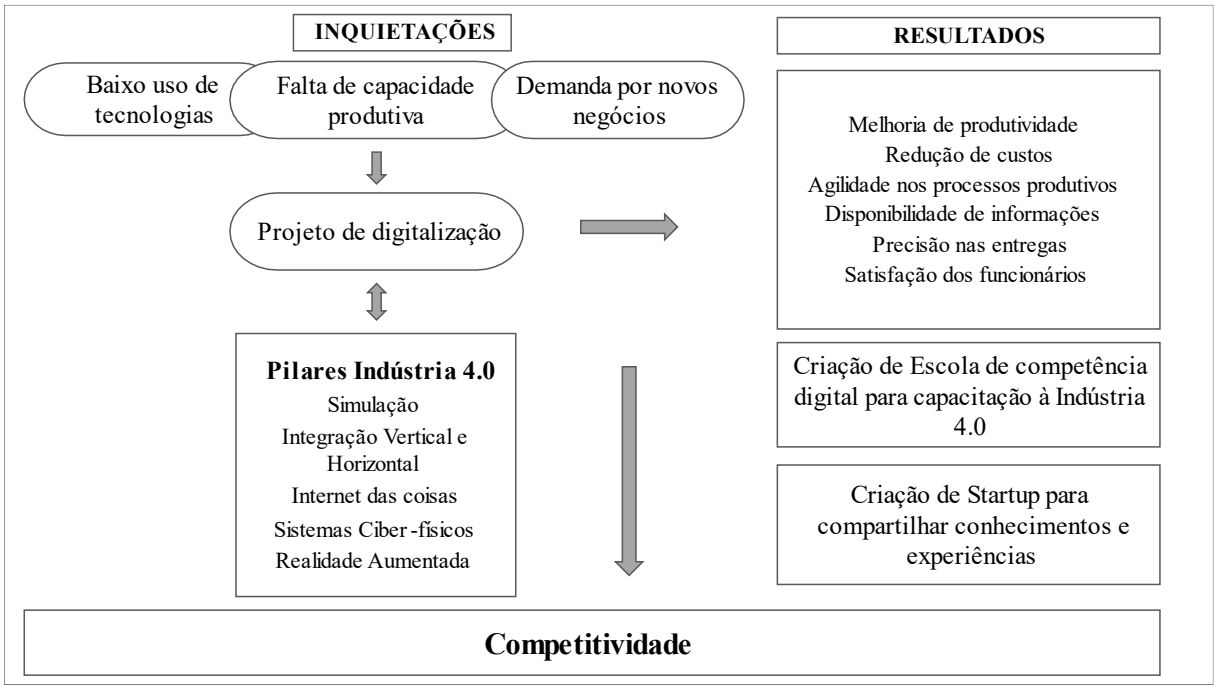

Figura 4: Inquietações e estratégias da "Empresa X"
Fonte: Elaborada pelos autores

O despertar da empresa para as mudanças estratégicas apontadas na figura 4, foram geradas pela falta de capacidade produtiva da empresa para participar de um novo negócio, da busca por novas demandas de mercado e pelo baixo uso de tecnologias.

Para operacionalização destas mudanças, em 2018, foi iniciado um projeto de digitalização. Na fase inicial os funcionários tiveram resistência às mudanças, entretanto essa visão foi sendo modificada à medida que bons resultados foram sendo obtidos, mostrando que a tecnologia pode ser aliada e não oferece ameaça ao trabalhador.

Por outro lado, a falta de mão de obra qualificada para o uso de tecnologias dificulta a transição à Indústria 4.0 (Krishnan e Scullion, 2017). Neste sentido, a empresa visando a sustentabilidade das mudanças, criou uma escola de competência digital para preparação à transformação digital e, para capacitar jovens da comunidade local e filhos de funcionários.

Considerando os resultados obtidos pela empresa, outra estratégia utilizada foi a criação de uma *startup* para oferecer soluções digitais para outras empresas de forma prática e competitiva, caracterizada como uma nova unidade de negócios. Para tanto a equipe formada

para desenvolvimento e implantação do projeto de digitalização passaram a dividir suas atividades entre a empresa referenciada e a *startup*.

As ações desenvolvidas que impulsionaram a adoção de novas estratégias e os resultados alcançados são mostrados na figura 5.

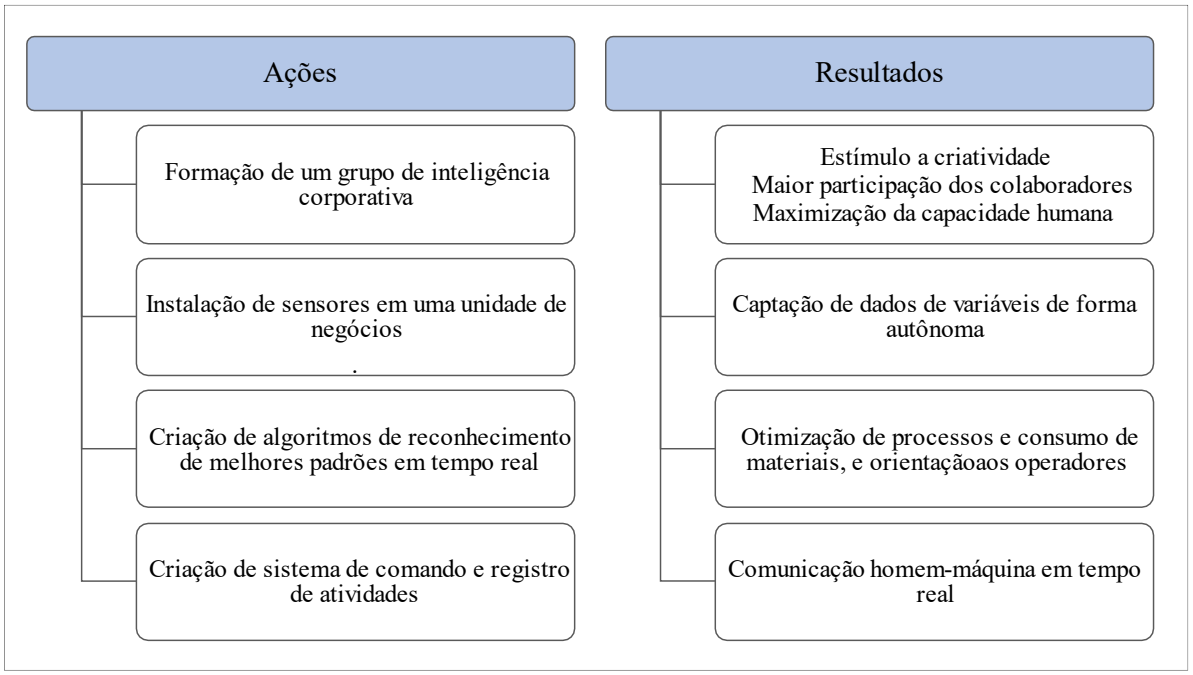

Figura 5: Ações e resultados do projeto de digitalização
Fonte: Elaborado pelos autores

A implantação das estratégias oportunizou melhoria da produtividade, redução de custos, agilidade nos processos produtivos, disponibilidade de informações, precisão nas entregas e satisfação dos funcionários o que ratifica a perspectiva de que para aproveitar o potencial propiciado pela Indústria 4.0, precisam ser considerados novos modelos de negócios para melhoria do processo como um todo (Müller et al., 2018).

4.3 Discussões Gerais

Na análise da pesquisa *survey* pode-se apurar que o nível de conhecimento dos participantes em relação à Indústria 4.0 ainda é embrionário. Os principais impedimentos apontados são a falta de conexão entre os participantes da cadeia de negócios, de recursos financeiros e de indicadores para medir o retorno do investimento. Por outro lado, a qualificação de mão de obra foi menos enfatizada, visto que as empresas pretendem qualificar seus colaboradores internamente.

Neste sentido, a qualificação de mão de obra indicada pelo estudo de caso comprova a pretensão das empresas participantes da *survey*. Percebe-se que o treinamento dos trabalhadores e a criação da escola de competência digital contribuíram para a obtenção dos resultados esperados pela "Empresa X".

As expectativas de resultados apontadas na *survey* são confirmadas como resultados efetivos no estudo de caso. Por conseguinte, notou-se um importante avanço, visto que a competitividade não vislumbrada pela maioria dos respondentes da survey, tem caráter relevante para a "Empresa X".

Ressalta-se ainda que para os entrevistados da *survey*, o *lean manufacturing* é um importante facilitador à transição para a Indústria 4.0, assim como o evidenciado por Kolberg e Zuhlke (2015), que consideram que a manufatura enxuta pode agilizar o processo produtivo, diminuir riscos e facilitar a transição. Essa situação também é confirmada pelo estudo de caso, no qual o *lean* é premissa básica para o uso e integração de tecnologias.

Em suma, embora as dificuldades mencionadas nas duas pesquisas imponham uma lentidão à transição para a Indústria 4.0, especialmente às empresas de menor porte, a possibilidade de evolução dos processos produtivos e a geração de novos modelos de negócios impulsionam a integração de tecnologias.

Considerações Finais

A quarta revolução industrial não retrata apenas o uso de tecnologias, mas a possibilidade de diferenciação para as empresas na gestão dos seus negócios (Schwab, 2016), caracterizando a transição à Indústria 4.0 como uma realidade primordial que pode oportunizar ganhos de produtividade e competitividade internacional (FIRJAN, 2019).

A pesquisa *survey* e o estudo de caso realizados permitiram identificar e analisar como os impedimentos, ganhos e facilitadores para a transição à Indústria 4.0, influenciam as estratégias de inovação de pequenas e médias empresas do segmento automotivo no Brasil.

Enquanto a *survey* possibilitou vislumbrar o cenário da transição no tocante aos gargalos e expectativas, o estudo de caso aprofundou a análise e indicou que estratégias inovadoras podem facilitar essa transição e nortear caminhos possíveis, propiciando a ampliação de conhecimento sobre o tema, além de apontar entraves e meios para facilitar o acesso de empresas do segmento automotivo a essa realidade.

A principal contribuição deste artigo foi apontar os meios para facilitar o acesso das empresas do segmento automotivo ao processo de transição à Indústria 4.0 e como as

estratégias inovadoras influenciam pequenas e médias empresas para criação de novos negócios e obtenção de resultados com a integração de tecnologias.

Como toda pesquisa, este estudo apresenta limitações relacionadas a natureza, especialmente pelo tamanho da amostra. Dessa forma, os resultados apresentados não podem ser generalizados para todas as empresas. Para proposta de estudos futuros recomenda-se a realização de um estudo de casos múltiplos a fim aprofundar a análise da trajetória das pequenas e médias empresas do segmento automotivo para a transição à Indústria 4.0.

Referências

ABIMAQ – Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos. Full General Report. São Paulo: 2018. Homepage, http://abimaq.org.br/ COMUNICACOES/ 2018/ PROJETOS.

ADAMIK, A. (2019). Inteligencja organizacji w erze IR 4.0. Studia I Prace Kolegium Zarządzania I Finansów , (161), 81-97. https://doi.org/10.33119/SIP.2018.161.6

ALMADA-LOBO, FRANCISCO (2016). The Industry 4.0 revolution and the future of manufacturing execution systems (MES). Journal of innovation management 3.4.

CIMINI, C., BOFFELLI, A., LAGORIO, A., KALCHSCHMIDT, M. and PINTO, R. (2021). How do industry 4.0 technologies influence organisational change? An empirical analysis of Italian SMEs. Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 32 No. 3, pp. 695-721.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Industry 4.0. Special poll. Brasília, n. 66, may 2016.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – Strategy Map for Industry 2018 – 2022. Mapa estratégico da indústria 2018-2022 / Confederação Nacional da Indústria. Brasília, 2018.

DAUDT, Gabriel Marino; WILLCOX, Luiz Daniel. Indústria automotiva = Automotive industry. In: PUGA, Fernando Pimentel; CASTRO, Lavínia Barros de (Org.). Visão 2035: Brasil, país desenvolvido: agendas setoriais para alcance da meta. 1. ed. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2018. p. 183-208.

EHRET, M., & WIRTZ, J. (2017). Unlocking value from machines: business models and the industrial internet of things. Journal of Marketing Management, 33(1-2), 111-130.

EROL, S., SCHUMACHER, A., & SIHN, W. (2016). Strategic guidance towards Industry 4.0–a three-stage process model. In International conference on competitive manufacturing (Vol. 9, No. 1, pp. 495-501).

FELIN, T., & POWELL, T. C. (2016). Designing Organizations for Dynamic Capabilities. California Management Review, 58(4), 78–96. https://doi.org/10.1525/cmr.2016.58.4.78

FIRJAN - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Industry 4.0 in Brazil: opportunities, perspectives and challenges / [Organizers: Firjan SENAI, Finep]. – Rio de Janeiro : [s.n], 2019.

FRANK, A. G., MENDES, G. H., AYALA, N. F., & GHEZZI, A. (2019). Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. Technological Forecasting and Social Change, 141, 341-351.

GILCHRIST, A. (2016). Industry 4.0: the industrial internet of things. Apress.

GIUDICE DEL, M., SCUOTTO, V., PAPA, A., TARBA, S. Y., Bresciani, S., & Warkentin, M. (2021). A self-tuning model for smart manufacturing SMEs: Effects on digital innovation. Journal of Product Innovation Management, 38(1), 68-89.

IEDI – INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades para o Brasil. Ed. 797, 2017. Disponível em: https://www.iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_797.html.

KHAN, A., & TUROWSKI, K. (2016). A perspective on industry 4.0: From challenges to opportunities in production systems. In International Conference on Internet of Things and Big Data (Vol. 2, pp. 441-448). Scitepress.

KOLBERG, D., & ZÜHLKE, D. (2015). Lean automation enabled by industry 4.0 technologies. IFAC-PapersOnLine, 48(3), 1870-1875.

KRANZ, J. J., HANELT, A., & KOLBE, L. M. (2016). Understanding the influence of absorptive capacity and ambidexterity on the process of business model change–the case of on-premise and cloud-computing software. Information systems journal, 26(5), 477-517.

KRISHNAN, T. and SCULLION, H. (2017). Talent management and dynamic view of talent in small and medium enterprises. Human Resource Management Review, Vol. 27 No. 3, pp. 431-441.

LEE, J., BAGHERI, B., & KAO, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. Manufacturing letters, 3, 18-23.

MOEUF, A., PELLERIN, R., LAMOURI, S., TAMAYO-GIRALDO, S., & BARBARAY, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. International journal of production research, 56(3), 1118-1136.

MÜLLER, J. M., BULIGA, O., & VOIGT, K. I. (2018). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. Technological Forecasting and Social Change, 132, 2-17.

MÜLLER, J. M., BULIGA, O., & VOIGT, K. I. (2021). The role of absorptive capacity and innovation strategy in the design of industry 4.0 business Models-A comparison between SMEs and large enterprises. European Management Journal, 39(3), 333-343.

NEELEY T. (2015). Global Teams that Work, Harvard Business Review, No. 10.

OESTERREICH, T. D., & TEUTEBERG, F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. Computers in industry, 83, 121-139.

REEVES, M., M. ZENG, AND A. VENJARA (2015). The self-tuning enterprise. Harvard Business Review 93 (6): 77–83.

RÜßMANN, M., LORENZ, M., GERBERT, P., WALDNER, M., JUSTUS, J., ENGEL, P., & HARNISCH, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. Boston consulting group, 9(1), 54-89.

SANDERS, A.; ELANGESWARAN, C.; WULFSBERG, JENS. (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. Journal of Industrial Engineering and Management, Vol.9(3), pp.811-833.

SANTOS, N. A.; RUGGERO, S. M.; & SACOMANO, J. B. (2019). A transição para a indústria 4.0: um estudo sobre a natureza dos investimentos em montadoras e autopeças. http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_ STO_296_1674_37929.pdf

SCHUH, G., ANDERL, R., GAUSEMEIER, J., TEN HOMPEL, M., & WAHLSTER, W. (Eds.). (2017). Industrie 4.0 maturity index: die digitale transformation von unternehmen gestalten. Herbert Utz Verlag.

SCHUH, G., POTENTE, T., WESCH-POTENTE, C., WEBER, A. R., & PROTE, J. P. (2014). Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0. Procedia Cirp, 19, 51-56.

SCHWAB, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution. 1st Edition, World Economic Forum. Crown Busines: New York. ISBN: 9781524758869.

SONY, M. (2018). Industry 4.0 and lean management: a proposed integration model and research propositions, Production & Manufacturing Research, 6 (1), 416-432. DOI: 10.1080/21693277.2018.1540949.

STENTOFT, J., ADSBØLL WICKSTRØM, K., PHILIPSEN, K., & HAUG, A. (2021). Drivers and barriers for Industry 4.0 readiness and practice: empirical evidence from small and medium-sized manufacturers. Production Planning & Control, 32(10), 811-828.

VEILE, J. W., KIEL, D., MÜLLER, J. M., & VOIGT, K. I. (2019). Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. Journal of Manufacturing Technology Management. https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2018-0270.

VERMULM, R. (2018). Políticas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil. IEDI, p. 1-31.

WEBER, E. (2016). Industry 4.0: Job-producer or employment-destroyer? (No. 2/2016). Aktuelle Berichte.

WENDLER, Roy. (2012). The maturity of maturity model research: A systematic mapping study. Information and Software Technology, v. 54, n. 12, p. 1317–1339.

XU, L. D., XU, E. L., & LI, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. International journal of production research, 56(8), 2941-2962.

ZHENG, T., ARDOLINO, M., BACCHETTI, A., Perona, M., & Zanardini, M. (2020). The impacts of Industry 4.0: a descriptive survey in the Italian manufacturing sector. Journal of Manufacturing Technology Management, 31(5), 1085-1115

Submetido em: 21.08.2023

Aceito em: 27.09.2023