

ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 EM UMA EMPRESA DO SETOR METALMECÂNICO NO VALE DOS SINOS

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF INDUSTRY 4.0 IN A COMPANY IN THE METALMECHANICAL SECTOR IN VALE DOS SINOS

DUSAN SCHREIBER
UNIVERSIDADE FEEVALE

ÉMERSON DE MORAES BICCA

ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 EM UMA EMPRESA DO SETOR METALMECÂNICO NO VALE DOS SINOS

Objetivo do estudo

Objetivo do estudo foi o de verificar o status de adoção das tecnologias da indústria 4.0 em processos operacionais no setor metalmeccânico.

Relevância/originalidade

A crescente competição entre os agentes econômicos, especialmente entre as indústrias, estimula a busca por alternativas para obter vantagens competitivas sustentáveis, eficiência produtiva e ganhos de escala. Dentre as alternativas disponibilizadas, nas últimas décadas, destacou-se o conjunto das tecnologias da indústria 4.0.

Metodologia/abordagem

O estudo de caso único, abordagem qualitativa e coleta de dados empíricos por meio de entrevistas semiestruturadas, por meio de grupo focal, com gestores industriais, indicados pela organização, levantamento documental e observação sistemática não participante.

Principais resultados

Os resultados evidenciam que maioria das tecnologias da indústria 4.0 já são do conhecimento da empresa e algumas já foram adotadas, sendo necessária agora a revisão e reconfiguração de processos e práticas operacionais, bem como a capacitação de colaboradores.

Contribuições teóricas/metodológicas

O estudo contribui para o avanço do conhecimento acerca do processo de introdução de tecnologias da indústria 4.0 no ambiente fabril, ainda pouco explorado na literatura científica.

Contribuições sociais/para a gestão

O estudo evidencia aspectos relevantes para aprimorar o modelo de gestão das organizações industriais no tocante à introdução das tecnologias da indústria 4.0.

Palavras-chave: Tecnologias da indústria 4.0, Setor metalmeccânico, Oportunidades, Obstáculos

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF INDUSTRY 4.0 IN A COMPANY IN THE METALMECHANICAL SECTOR IN VALE DOS SINOS

Study purpose

The objective of the study was to verify the adoption status of industry 4.0 technologies in operational processes in the metalworking sector.

Relevance / originality

The growing competition among economic agents, especially among industries, encourages the search for alternatives to obtain sustainable competitive advantages, productive efficiency and scale gains. Among the alternatives made available in recent decades, the set of technologies of industry 4.0 stood out.

Methodology / approach

The single case study, qualitative approach and collection of empirical data through semi-structured interviews, through a focus group, with industrial managers, indicated by the organization, documentary survey and systematic non-participant observation.

Main results

The results show that most of the technologies of industry 4.0 are already known by the company and some have already been adopted, requiring now the review and reconfiguration of processes and operational practices, as well as the training of employees.

Theoretical / methodological contributions

The study contributes to the advancement of knowledge about the process of introducing industry 4.0 technologies in the manufacturing environment, which is still little explored in the scientific literature.

Social / management contributions

The study highlights relevant aspects to improve the management model of industrial organizations regarding the introduction of industry 4.0 technologies.

Keywords: Industry 4.0 technologies, metalworking sector, Opportunities, Obstacles

ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 EM UMA EMPRESA DO SETOR METALMECÂNICO NO VALE DOS SINOS

1. Introdução

Revoluções industriais estão presentes na história empresarial. A primeira ocorreu no século XVIII, promovendo o aumento da produtividade em setores da indústria, graças a máquinas a vapor que tornaram as fábricas mecanizadas. O ano de 1870 marcou o início da segunda revolução industrial, que se fortaleceu com uma linha de montagem desenvolvida por Henry Ford que contribuiu para aumentar os volumes de produção. A terceira, iniciou-se nos anos 70, com base em automação e comando numérico computadorizado (CNC) (Fucks, 2020). Em 2011, com um projeto estratégico de alta tecnologia criado pelo governo alemão e publicado pela primeira vez em uma feira em Hannover, originou-se a quarta revolução industrial também conhecida como Indústria 4.0 (Sebrae, 2018).

O foco inicial das tecnologias da Indústria 4.0 foram as indústrias, que poderiam se beneficiar com suas características, baseadas em conectividade. O conjunto das referidas tecnologias é constituído de IoT (internet das coisas), *cyber* segurança, computação e armazenamento em nuvem, inteligência artificial, robôs colaborativos, gêmeos digitais, fábricas inteligentes, com base em integração horizontal e vertical, só para destacar algumas, que facultam a automatização de processos produtivos por meio da conectividade entre *software* e *hardware* (Schwab, 2017).

O conjunto de vantagens e benefícios que as tecnologias da indústria oferecem atrai cada vez mais setores da indústria, a fim de melhorar sua operacionalização. Um dos setores econômicos que tem mais investido na sua adoção é o de metalmeccânico, interessado em promover a automatização dos processos e alcançar taxas elevadas de produtividade. Diversos estudos e pesquisas científicas evidenciam que as referidas tecnologias facultam reduzir custos, otimizar consumo de matéria-prima, sem falar na redução do tempo de produção graças a robotização não só dos processos produtivos, mas também dos processos executivos (Fucks, 2020).

Mas a implementação destas novas tecnologias representa diversos desafios para as empresas que demonstram este interesse. Estas dificuldades se percebem quando se analisam os dados da Confederação Nacional da Indústria (CNI) sobre o ranking de representatividade e competitividade da indústria brasileira. A indústria que já representou 21,6% do PIB brasileiro em 1985, teve a sua participação reduzida em 2013 para apenas 10%, quando o país ocupava o 69º lugar no índice global de inovação segundo um estudo da Universidade Cornell (Oian, 2019). Estas dificuldades, decorrentes do alto custo de equipamentos e *softwares* tecnológicos, quando associadas aos obstáculos representados pela cultura organizacional consolidada nas indústrias, constituem o grande empecilho na implementação da indústria 4.0.

Para a academia, este estudo poderá contribuir no avanço do conhecimento sobre o tema em questão, a saber, adoção das tecnologias da indústria 4.0 no ambiente industrial do Brasil, especificamente no setor metalmeccânico na região do Vale dos Sinos, já que se trata de um tema que vem crescendo cada vez mais nos últimos anos ao redor de todo o mundo. Já as implicações gerenciais do estudo são representadas pela evidenciação de aspectos identificados no ambiente organizacional, os quais, analisados sob a perspectiva teórica, podem indicar alternativas para contornar as dificuldades para adotar e operacionalizar as referidas tecnologias.

A pergunta de pesquisa, norteadora do estudo, que foi concebida com base na revisão teórica realizada na primeira etapa do estudo, foi: “Quais são os principais desafios para a implementação da Indústria 4.0 em uma das maiores empresas do setor metalmeccânico no Vale

dos Sinos?”. Em alinhamento com a questão de pesquisa, o objetivo geral do estudo é analisar as principais adversidades que uma das maiores empresas do setor metalmeccânico na região do Vale dos Sinos enfrenta ao implementar as tecnologias da indústria 4.0. Em alinhamento com o objetivo geral, foram formulados como objetivos específicos: discutir sobre o funcionamento de manufatura de empresas do setor em questão para compreender o funcionamento industrial; demonstrar vantagens que empresas do setor metalmeccânico podem ter ao implementar tecnologias da Indústria 4.0; estudar a viabilidade técnica de adoção de algumas específicas tecnologias da I4.0 na empresa ALFA; expor os obstáculos que serão encontrados rumo a plena execução das atividades que compõem o modelo industrial do futuro.

Para alcançar o objetivo do estudo, os autores optaram pela estratégia de estudo de caso único, que se justifica pelo porte da organização industrial investigada, sendo a maior no seu setor de atuação. Trata-se de uma empresa multinacional, presente em mais de setenta países e com uma unidade fabril, localizada na região sul do país. A subsidiária brasileira foi objeto deste estudo. Para compreender em profundidade o fenômeno analisado, os autores entenderam que a abordagem mais apropriada seria a qualitativa, que se caracteriza justamente por possibilitar a referida imersão no ambiente organizacional. A coleta de dados, obedecendo a recomendação de autores de metodologia que versam sobre o tema, de triangulação de fontes, ocorreu por meio de entrevistas semiestruturadas, por meio de grupo focal, observação sistemática não participante e levantamento documental. Os dados obtidos foram submetidos à análise de conteúdo.

O trabalho inicia com a revisão teórica sobre as trajetórias das revoluções industriais que culminaram com a atual, que se caracteriza pelo conjunto das tecnologias da indústria 4.0, que também são detalhadas no referido tópico, sendo complementado com o texto acerca de níveis de maturidade da indústria 4.0. Logo após se discorre brevemente sobre o setor metalmeccânico, no qual a indústria analisada atua. Os procedimentos metodológicos estão detalhados no tópico seguinte. Após, no tópico de análise e discussão de resultados, constam os dados empíricos que foram coletados ao longo da pesquisa de campo, sendo analisados à luz da teoria revisada. Considerações finais e a lista de referências encerram este trabalho.

2. Referencial Teórico

Para dar embasamento teórico ao presente documento, consta neste tópico o conjunto de definições estruturantes da Indústria 4.0, detalhamento de suas principais tecnologias e formas de avaliar seu nível de maturidade. O tópico é finalizado com a apresentação de características da manufatura do setor metalmeccânico a fim de facilitar o entendimento dos resultados apresentados na sequência.

2.1. Quarta Revolução Industrial

É chamada de quarta revolução industrial por ser sequência das demais revoluções, embora o termo mais usado no momento seja Indústria 4.0, que teve origem na Alemanha, em 2011 onde graças a uma parceria entre empresas privadas, universidades e o governo alemão deu surgimento a proposta de digitalização da manufatura em uma feira tecnológica de Hannover Messe (Oliveira & Penedo, 2014). Desde então a prática vem ganhando força e se destaca por tratar-se de um conceito que traz práticas como automatização, controle e tecnologia da informação dentro dos procedimentos de manufatura. Neste caso, os processos das empresas de inúmeros segmentos tendem a se tornar cada vez mais robotizados e automatizados.

Dentro deste contexto, a Indústria 4.0 engloba um amplo conjunto de tecnologias avançadas tais como sistemas Cyber-físicos, internet das coisas, internet dos serviços que são ferramentas que fazem a comunicação de softwares e nuvem com máquinas produtivas de

manufatura e trazem novos conceitos como robotização, inteligência artificial, integração de sistemas, computação em nuvem, big data (Souza, Junior & Neto, 2017).

O objetivo principal da quarta revolução é fazer com que os diferentes tipos de sistemas se comuniquem com as máquinas produtivas ao longo dos processos industriais a fim de melhorar as conexões de informações nas diferentes etapas internas ou externas das empresas, desta forma também busca otimizar recursos, aumentar as vendas, a lucratividade e tornar a organização maior e mais saudável. Neste cenário, “*a revolução está acontecendo desde a concepção do produto, até a entrega para o cliente*” (Souza, Junior & Neto, 2017).

Todos os componentes da Indústria 4.0, assim como cada um deles veio para gerar benefícios para os processos produtivos e gerenciais das empresas. No âmbito gerencial pode-se citar como principais características a coleta, armazenamento e análise de dados onde o software integrado a inteligência artificial possibilita este diagnóstico. Já no cenário produtivo, os ganhos podem ser inúmeros para os setores internos. Com a robotização e automação, os processos tendem a serem executados de forma automática, com mais exatidão, otimizando o fator tempo, assim como também melhor aproveitamento de matéria-prima e insumos produtivos. A implantação destas práticas, como também de outras citadas promete aumentar a produtividade, assim como também melhorar a qualidade do produto final. A aplicação em grande escala deste modo de produção pode ser denominada manufatura avançada (CNI, 2016).

Nos últimos anos os dados mostram crescimento no uso de tecnologias da indústria 4.0, enquanto em 2016 cerca de 48% das empresas brasileiras já utilizavam algum tipo de tecnologia. Já em 2021 este número aumentou para 69% (CNI, 2022).

Apesar de se tratar de uma evolução no uso de tecnologias, este crescimento foi de apenas 21% ao longo de cinco anos, o que deixa o país ainda mais estagnado em relação a potências tecnológicas mundiais que já estão avançadas na implantação de tecnologias e seus processos (IND4.0, 2022).

Embora falte um longo caminho a percorrer antes da implantação da indústria 4.0 na maioria das empresas do Brasil, inúmeras organizações já estão em fase avançada no uso das práticas tecnológicas. Dentre as principais diferenciações entre este modelo produtivo e o modelo de indústria tradicional pode-se citar operação em tempo real, maior segurança, maior qualidade e quantidade, menos custos (Sebrae, 2018).

Paralelo a todos estes conceitos ainda é necessário citar o modelo de manufatura enxuta, que tem definição semelhante as da quarta revolução, porém bem mais modesta. Mas também busca maior eficiência no modelo produtivo com objetivo de “quebra zero”. Também pode ser chamada de Sistema Toyota de Produção, devido as técnicas produtivas eficientes adotadas pela empresa Toyota (IND4.0, 2019).

Esta prática pode ainda ser utilizada como uma forma de anteceder a adoção da Indústria 4.0, por ter uma forma de gestão com mentalidade similar, como por exemplo a tentativa de reduzir desperdícios e aumentar a produtividade. O ponto inicial vindo da manufatura enxuta pode ser importante para que as empresas e seus colaboradores possam já ir culturalmente se acostumando a atividades novas e tecnológicas que futuramente possam ser adotadas com mais afinco e com os demais elementos da quarta revolução (CNI, 2022; IND4.0, 2019).

Diante das informações mencionadas, é possível deduzir que o país está avançando, mesmo que lentamente, em direção a adoção das práticas tecnológicas e automatizadas da indústria 4.0, e que futuramente existem possibilidades para inserção completa deste formato. Dado o panorama atual ainda pode levar um período extenso de tempo até que sejam adotadas, mas mesmo que gradativo é uma evolução que já está em andamento, mudando conceitos e culturas ao redor do mundo no panorama industrial.

2.2. Tecnologias Da Indústria 4.0

Desde o surgimento da I4.0 foram apontadas algumas tecnologias que fazem parte do seu conceito. As principais delas que serão citadas a seguir são: Big Data, Computação em Nuvem, *Cyber Security*, Integração de Sistemas, Internet das Coisas, Inteligência artificial, Robôs Colaborativos, Impressão 3D, Realidade aumentada, RFID.

Esta é uma época onde há muita informação, muita tecnologia, muita conexão. Isso gera um número muito grande de dados. Sejam dados gerados através de indicadores em uma empresa, por meio de redes de conexão, ou até por aparelhos e dispositivos móveis. Independente do meio, a informação é sempre acessível em tempo real, algo impressionante dado o alto número de dados que todos esses dispositivos geram. Tudo isso é possível graças a Big Data. Big data se caracteriza pelo grande volume de dados que são gerados com capacidade de serem armazenados, tratados e apresentados com alta velocidade para se tornarem acessíveis mesmo com sua extrema variedade de originação. Considerando que os dados são grande parte de fonte de renda de inúmeras organizações ou auxiliam no entendimento de ações e tomadas de decisão a ferramenta veio para otimizar o trabalho de gestores e setores executivos (Coneglian, 2017).

Para Mc Afee (2012), com o tempo big data mudará ideias antigas sobre valor da experiência, ele até usa o termo “revolução gerencial” para definir a tecnologia. Também afirma que big data permitirá aos gestores “medir e, portanto, gerenciar com mais precisão do que nunca” o que trará vantagens competitivas no mercado. O uso da big data possibilitará ainda as empresas tomarem essa gama de informações em tempo real para aplicarem em formas de gerenciamento com mais agilidade influenciando em resoluções de problemas assim que eles ocorram ou até mesmo antes que ocorram, além de decisões mais assertivas e estratégias mais seguras no âmbito empresarial.

A computação em nuvem é outra ferramenta da I4.0 que permite agilidade de informações, tendo em vista a quantidade de dados gerada nas organizações e suas formas de acessá-las. O conceito de computação em nuvem é retirar o armazenamento de dados, informações, ou arquivos de *hardwares* ou *softwares* locais e físicos e acomodá-los em servidores de banco de dados remotos trazendo maior mobilidade e segurança para os usuários (Parchen, 2013). A virtualização de armazenamento tem características bastante atraentes para as empresas, como por exemplo confiabilidade, pois o conteúdo pode ser movido rapidamente entre servidores conforme a demanda se aplica; baixo custo, já que não necessita de infraestrutura física; mobilidade, no sentido de que pode ser acessada de diferentes locais; segurança, pois como fica salvo na rede o acesso é mais seguro caso ocorra alguma catástrofe ambiental ou humana. Neste caso as informações não seriam atingidas (De Albuquerque, 2021). Neste contexto, a computação em nuvem permite que as empresas organizem de forma mais prática e rápida suas informações e também expandam seu portfólio de recursos operacionais para os servidores sem precisar investir em armazenamentos físicos.

Com tantos dados sendo gerados e armazenados, como mencionado anteriormente, é necessário falar em proteção desses dados. Para isso é imprescindível que seja citado o termo *cyber security* (segurança cibernética) no contexto de tecnologias da indústria 4.0. Dado o avanço das tecnologias presentes na I4.0 que criam conexões tanto internas quanto externas é necessário que estas conexões sejam protegidas de ataques cibernéticos e esta proteção requer *cyber security* (De Azambuja, 2021). *Cyber security* se trata de um conjunto de ações tecnológicas que têm por objetivo proteger dados, sistemas, redes e programas de invasões cibernéticas, porém não se trata apenas disso. Ao falarmos em segurança cibernética automaticamente associa-se segurança de informação, mas ela é muito mais ampla e também traz objetivos como integridade, confidencialidade e disponibilidade de recursos de tecnologia da informação, além de permitir agilidade em neutralizar possíveis ameaças (TOTVS, 2020).

Os ataques cibernéticos direcionados a indústria são atraídos pelo aumento de dados e informações, mas a *cyber security* permite que as empresas não se sintam barradas por estes ataques para adquirirem novas tecnologias. Neste contexto são incluídos novos recursos em softwares de automação pelas áreas de TI para auxiliar na proteção dos conteúdos empresariais (Santi, 2018). Para se proteger desses ataques é importante também que as empresas entendam suas vulnerabilidades para poderem focar seus recursos de segurança cibernética onde são mais frágeis, bem como realizar constantes avaliações dos riscos para analisar as possíveis soluções ou estratégias de segurança mais adequadas.

Outra tecnologia da indústria 4.0 é a integração de sistemas que visa conectar diferentes áreas e setores industriais e formar uma espécie de cadeia. Essa integração tem por objetivo a troca de informações entre setores de forma mais rápida e com menos esforço para facilitar, entre outros aspectos, as tomadas de decisão otimizando recursos (IND4.0, 2019). Em empresas sem integração de sistemas, as informações precisam ser geradas em um processo da produção e repassadas para o processo seguinte, demandando maior tempo e recursos para que as informações sejam trocadas. Os sistemas integrados transformam a empresa em um todo, otimizando todos os processos (IND4.0, 2019). Essa integração pode ser ainda horizontal ou vertical. Onde a horizontal integra todos os setores de uma determinada empresa a partir da análise de mercado, indo até a logística e distribuição, sincronizando todos os dados e dando maior visibilidade no contexto geral da organização, com parâmetros externos, trazendo maior precisão na análise e tornando as decisões mais assertivas com foco principal na satisfação dos clientes (Marciano, 2019). Já a integração vertical é de um contexto mais interno e vai desde o ERP até o chão de fábrica, integrando sistemas com máquinas a fim de otimizar a capacidade produtiva e a qualidade do produto, utilizando ao máximo os recursos de matéria-prima, fator tempo e mão-de-obra. Esta integração busca maior eficiência na autonomia dos processos produzindo com menores custos e maior qualidade (Marciano, 2019).

Internet das coisas (IoT) pode ser caracterizada como uma evolução da internet atual na qual se conhece. Caracteriza-se por pela integração de artefatos físicos com objetos virtuais através de redes conectadas a internet gerando impacto em diversas áreas como indústria, eletrônicos, saúde e materiais do dia-a-dia (Freitas, 2017). A força com que esta tecnologia está atuando hoje é muito forte, pois IoT estabelece a ligação dentre as conexões em âmbito mundial, aumentando a velocidade das informações e reduzindo a distância entre suas fontes, permitindo assim avanços em tempo real (Becker, 2022). Do mesmo modo que conecta redes e dispositivos móveis, IoT também permite interconexão nas diferentes áreas da indústria, linkando a rede de internet a máquinas e outros dispositivos presentes na manufatura ou em setores administrativos. Esta interação gera maior precisão nas conexões tendo em vista que reduz a intervenção humana, diminuindo então as chances de falhas (Petroni, 2017). A Internet das Coisas já está presente em inúmeras empresas que estão se familiarizando com a Indústria 4.0 e seu crescimento está diretamente ligado a outras tecnologias citadas como por exemplo Integração de Sistemas e Big data. A integração de sistemas aliada a internet das coisas gera inúmeros dados onde a big data entra com intuito de armazená-los e trata-los.

Inteligência Artificial se trata de uma tecnologia que ganhou bastante força nos últimos anos, com a entrada de outros elementos da indústria 4.0, esta também evoluiu. Estes elementos auxiliam uns aos outros nas melhorias dentro das empresas e a IA, como é chamada a inteligência artificial também traz seus benefícios. A tecnologia se caracteriza por, através de algoritmos, fazer com que máquinas ou softwares consigam tomar decisões baseadas não apenas nos algoritmos, mas também em novas informações retidas por sua própria funcionalidade e pensar semelhantemente como os humanos pensam atribuindo novas capacidades baseadas neste aprendizado (Amaral, 2021). Segundo Lobo (2017), a inteligência artificial possui várias características como entendimento de linguagens, reconhecimento de

imagens e padrões, além de reconhecer informações entendendo seus conceitos para resolver os problemas e realizar ações conseguindo ainda evoluir continuando em constante melhora. A melhoria constante da IA possibilita que interfaces mais encorpadas sejam criadas ao longo do tempo, pois ela adquire informações com base em suas próprias experiências, isso permite autonomia em seu funcionamento para tomada de decisões e resolução de problemas (Telles, 2020).

Apesar de robótica colaborativa ter tido início com a indústria 3.0, é na quarta revolução que ela se intensificou, com a chegada de outras tecnologias tais como inteligência artificial, ou internet das coisas, as funcionalidades foram se aprimorando e unindo-se com objetivo de tornarem-se mais colaborativos e inteligentes. Robôs colaborativos são máquinas programadas para fazerem determinados tipos de ações interagindo fisicamente com pessoas em determinado espaço. Porém os robôs com tarefas simples e repetitivas enquanto as pessoas realizam outras mais complicadas (Vido, 2019). Mesmo o elemento de robótica colaborativa ter sido herdado na revolução industrial anterior, os robôs colaborativos da I4.0 têm suas próprias particularidades, como por exemplo o fato de, aliados a inteligência artificial, estarem em constante melhoria fazendo suas tarefas com mais segurança e praticidade se comparados com os da versão anterior (Becker, 2022). Os robôs e as pessoas podem exercer suas atividades em um espaço compartilhado onde andam juntos visando melhorar os processos de manufatura das empresas. Apesar de que seja necessário o rompimento de algumas barreiras culturais, as tecnologias da I4.0 podem ser muito úteis ao homem nas melhorias das organizações.

A Impressão 3D se caracteriza por imprimir peças tridimensionais através de softwares de CAD que podem ser desenvolvidas e modeladas de acordo com a necessidade do operador. A partir da modelagem o software converte o arquivo para um formato onde sobrepõe camadas para dar forma ao objeto, este formato tem compatibilidade com a impressora 3D que imprime a peça conforme o modelo criado (Santos, 2016).

Este processo de impressão pode utilizar materiais como plástico líquido para tornar a forma do objeto, ou pode também utilizar laser derretendo metal ou outros materiais para dar origem a peça. O processo de impressão 3D é uma tecnologia que é combinada com inteligência artificial, para que funcione de forma eficiente. Esta combinação exemplifica o fato de impressão 3D ser uma tecnologia da I4.0, visto que a mesma foi iniciada na década de 80, mas está em constante evolução se tornando cada vez mais importante não apenas na prototipagem, mas também fazendo parte da área produtiva da indústria (Estrada, 2020).

A realidade aumentada é conhecida por conectar pessoas com equipamentos virtuais em ambientes onde o real e digital se encontram, o que facilita a interação de informações também virtuais relacionadas a algum equipamento por exemplo. Esta conexão tem objetivo de tornar os processos mais eficientes trazendo alguns elementos importantes para o ambiente real dando a impressão que são de fato reais (Mesquita, 2018). Os dispositivos utilizados para conectividade na realidade aumentada são smartphones, tablets, óculos de realidade aumentada que são responsáveis por promover a integração dos ambientes citados auxiliando em processos como montagem de produtos, manutenção de máquinas, ou também alguns alertas de periculosidade (De Paiva, 2021).

A Identificação por Radiofrequência (RFID) é uma tecnologia que tem a função de localizar objetos através da comunicação sem fio utilizando radiofrequência. Neste processo é possível que os objetos sejam localizados utilizando três elementos que são etiquetas, anexadas ao objeto cuja necessidade de se encontrar, são responsáveis por ser a fonte de dados e enviá-los para a antena. Leitor, que faz a comunicação da etiqueta com um módulo de controle, é formado por uma antena e um ponto eletrônico. Controlador, é um computador que recebe e processa as informações do objeto que estão gravadas na etiqueta e auxilia o usuário a analisar as informações obtidas (Silva & Lessa, 2021). São inúmeros os objetos que podem ser utilizados

para a aplicabilidade do RIFD, através do armazenamento de suas informações nas etiquetas que podem ser chamadas também de transponders ou tags e sua principal vantagem é a aplicabilidade nas redes de sistemas (Souza, 2019).

2.3. Níveis de Maturidade da Indústria 4.0

De acordo com um estudo realizado pelo instituto alemão ACATECH (Academia Nacional de Ciências e Engenharia) existem níveis de maturidade para a Indústria 4.0 e é importante estar ciente para entender em qual nível determinada empresa se encontra. Segundo Schuh, et. al. (2017) há seis níveis de maturidade para a Indústria 4.0 que são informatização, conectividade, visibilidade, transparência, previsão e adaptabilidade.

Informatização é quando a empresa dispõe de uma base para a digitalização, possui computadores, mas sem conexão com outros computadores ou outras máquinas. Conectividade é quando se possui um sistema que se conecta com a máquina para auxiliar no fornecimento de dados da produção, sendo este e o primeiro nível pertencentes a fase de digitalização e não da Indústria 4.0 propriamente dita como os próximos. Visibilidade que se trata de ter dashboards gerando relatórios em cima da coleta de dados em tempo real para que se veja o que está acontecendo na empresa. Transparência é ter a capacidade de interpretar os dados analisados e entender o que está acontecendo na empresa através dos dados gerados. Previsão ou capacidade preditiva significa ter a capacidade de simular situações futuras e prever os possíveis cenários para poder se preparar para enfrenta-los da melhor forma. Adaptabilidade se trata de conseguir fazer com que as decisões sejam tomadas de forma autônoma, onde seu principal objetivo são decisões assertivas, com rapidez e sem ajuda humana (Schuh et. al., 2017).

Saber em que nível de maturidade da I4.0 a empresa está pode significar o melhor entendimento do que será necessário para montar um planejamento mais adequado para avançar rumo a implantação de cada uma das tecnologias da I4.0 dentro da organização, pois elencar os seis níveis pode trazer maior visibilidade e praticidade para a formulação das estratégias que deverão se seguir.

2.4. Manufatura do Setor Metalmeccânico

Apesar de dispor de vários maquinários, não se pode afirmar que todas as empresas do setor metalmeccânico estão em fase tecnologicamente avançada. Isto porque não há garantias de que determinadas máquinas presentes nas empresas entregarão o que é necessário para alcançar altos índices produtivos. Por outro lado, também não há como criticar um modelo que vem sendo funcional ao longo dos anos (Oliveira & Penedo, 2014).

Os sistemas de produção não são especificamente eficientes ou falhos, eles dependem de inúmeros fatores para serem classificados, como equipamentos, processos, materiais, porte da empresa, habilidades, pessoas, entre outras. O que vai determinar se a empresa está saudável é saber organizar todos os elementos em prol da produtividade e atingimento de metas pra atender as necessidades dos clientes (Ribeiro et al, 2006).

Não há, portanto, uma fórmula específica para o sucesso produtivo, são inúmeras variáveis que devem ser contabilizadas no processo. A implementação da indústria 4.0 tende a robotizar e automatizar muitos dos processos de manufatura diminuindo, talvez, a quantidade de variáveis inclusas nas atividades, o que poderia auxiliar na melhoria não apenas do volume de produção, mas também qualidade do produto final, otimização de insumos, diminuição de resíduos, que impactariam positivamente na questão ambiental também mencionada. Mas deve-se também avaliar a viabilidade e analisar a possível implementação das práticas da indústria 4.0 nestas empresas.

No capítulo apresentado houve uma breve explicação acerca da I4.0 e sua origem histórica, bem como uma descrição das principais tecnologias que a acompanham, seguidas da

exibição dos níveis de maturidade da I4.0 e um texto descritivo sobre a manufatura do setor metalmeccânico. Todos estes tópicos têm por objetivo auxiliar ao leitor o fácil entendimento da análise de resultados relacionando os dados que serão obtidos na pesquisa com os objetivos gerais e específicos do estudo.

3. Metodologia

Para realizar a pesquisa os autores optaram pela pesquisa descritiva, com estratégia de estudo de caso único, em uma organização industrial de grande porte, subsidiária de uma multinacional de origem europeia. A subsidiária brasileira, onde foi realizado o estudo, está localizada na região sul do país. Os autores escolheram, também, a abordagem qualitativa, para a pesquisa, por entender que a mesma estaria mais alinhada com o foco da investigação. Os dados empíricos foram coletados por meio de entrevistas semiestruturadas, conduzidas por meio de grupo focal. De forma complementar, para atender a recomendação de triangulação de fontes, em estudos de caso, realizou-se, também, levantamento documental e observação sistemática não participante.

As decisões do delineamento metodológico relatado encontram respaldo em autores que versam sobre os procedimentos de coleta e análise de dados empíricos em pesquisas científicas, com destaque para Flick (2011), Marconi e Lakatos (2017), Demo (2008) e Gil (2009). Para estes autores, a pesquisa de natureza aplicada busca auxiliar a geração de conhecimento de forma imediata e prática, indo direto ao ponto, com objetivo de facilitar a solução de problemas específicos encontrados, na maioria das vezes, na realidade dos dados coletados no decorrer da pesquisa. Já a classificação como pesquisa descritiva se deve ao fato de que não tem interferência do narrador ou pesquisador, apenas tem a observação, o registro ou a análise dos fatos pesquisados. A pesquisa descritiva é a mais usada por pesquisadores de âmbitos sociais (Marconi & Lakatos, 2017; Flick, 2011).

Do ponto de vista dos procedimentos, o estudo de caso tem por sua essência pesquisa qualitativa, sendo a mais abordada. Mas não significa que também não possa ser quantitativa ou abordar ambos os aspectos. Dessa forma é necessário que se façam sucessivas etapas de pesquisa, análise e interpretação das informações coletadas sobre um ou alguns poucos casos (Meirinhos, 2010).

Focus group compreende uma abordagem qualitativa de coleta de dados, com uma proposta de entrevista com um grupo de pessoas em um ambiente único com objetivo de extrair respostas diretas em relação ao tema em questão. *Focus Group* pode ser considerado como método de pesquisa no caso de ser a única estratégia de coleta de dados, ou também como uma técnica, no caso de ser um instrumento complementar aliado a outras formas de investigação (Galego, 2005).

Com o método *focus group* é possível coletar dados em curtos períodos de tempo, em quantidade adequada e com rapidez na obtenção de resultados. Estas são as principais vantagens de se pesquisar com este modelo, o que o tornam um modelo de pesquisa interessante principalmente para estudos qualitativos, onde é possível ter legitimidade nos dados coletados medindo também de fato uma forma efetiva o que se deseja, o que expõe sua validade (Schröder, 2009).

Antes de que seja praticado o *focus group* é importante que alguns cuidados sejam tomados, como por exemplo identificar previamente e de maneira clara o assunto que será discutido para nortear os diálogos ao longo da utilização do método. Além disso a reunião deve ser coordenada por um moderador/pesquisador não participante que fica responsável por propor as interações entre os participantes. Com caráter de um facilitador do grupo ele deve guiar as pautas da conversação para que os participantes se mantenham no assunto original (Galego, 2005).

O levantamento documental e observação sistemática não participante ocorreram de forma programada, agendada com a organização, no mesmo dia (04/10/2022), em que aconteceu a coleta de dados por meio de entrevistas semiestruturadas, na modalidade de *focus group*. Os documentos submetidos à consulta dos autores eram oriundos do sistema de registro interno da empresa, com destaque para atas de reuniões de comitês constituídos de grupos de colaboradores com o propósito de avaliar a adoção de novas tecnologias, ou, ainda, analisar o desempenho das mesmas, após a sua adoção. Já a observação sistemática ocorreu durante a visita guiada pela empresa, que foi organizada por um dos gestores que participou do *focus group*. Os dados empíricos foram submetidos à análise de conteúdo, seguindo as recomendações da Bardin (2011).

Para a realização do *focus group* foram entrevistadas quatro pessoas da empresa Alfa, todas do setor de desenvolvimento de novas tecnologias. Este grupo é composto por um homem com idade entre 45 e 50 anos, supervisor da equipe (E1), uma mulher com idade entre 25 e 30 anos, que atua em conjunto com o supervisor na análise das novas tecnologias com papel importante na validação dessas tecnologias (E2), um homem com idade entre 25 e 30 anos, que tem a tarefa de tomar conta das finanças, organizando os recursos financeiros que a empresa disponibiliza ao setor distribuindo entre os projetos existentes e futuros (E3) e um homem com idade entre 25 e 30 anos que atua de forma mais aplicada no desenvolvimento, juntando as ideias e as fazendo tomar forma (E4). Todos atuam diretamente na implantação de novas tecnologias e suas funções são consideradas de real importância no que diz respeito a I4.0 na empresa Alfa.

4. Análise e Discussão dos Resultados

As evidências empíricas indicam que na empresa Alfa as tecnologias I4.0 são interpretadas como habilitadoras de competências organizacionais que podem contribuir para maior agilidade e precisão na tomada de decisões. A operacionalização bem sucedida das referidas tecnologias dependerá de mudança cultural, embasado em uma nova perspectiva da realidade, dentro da qual as máquinas desempenharão atividades de suporte, liberando as pessoas para executar tarefas mais estratégicas e criativas. Nesta perspectiva, os entrevistados ressaltam como vantagens da I4.0 a conectividade e agilidade, mas segundo eles, muitas tecnologias da empresa ainda são da indústria 3.0.

Os entrevistados desmistificam a ideia de que as tecnologias irão habilitar as empresas para o futuro, pois o que se tem dentro da empresa Alfa, segundo o E1: “*não é uma abordagem tecnocrata, mas sim democrata, não no sentido de governo, mas no sentido de ter pessoas no centro, num panorama onde os dados e as informações irão fluir em uma velocidade enorme e as pessoas terão papel importante na validação desses dados*”. Sendo assim, é muito menos tecnologia e muito mais entendimento de como as pessoas se posicionam neste futuro, priorizando o foco na objetividade e conexão entre pessoas e máquinas.

Este tipo de posicionamento vem ao encontro de percepção de Souza, Junior, Neto, (2017); Parchen, (2013) que destacam como um dos principais objetivos da I4.0 melhorar as conexões de informações em diferentes áreas e setores da empresa e trazer melhorias nos processos para alcançar melhores resultados, em um panorama onde as pessoas e as tecnologias estejam alinhadas para atingirem o mesmo propósito que é o crescimento da empresa.

Na empresa Alfa, as novas iniciativas tecnológicas passam primeiramente por uma espécie de filtro, para que se defina se é realmente necessária, pois muitas vezes a solução para o problema identificado não demanda uma nova tecnologia. Ou seja, é necessário ter primeiro a consciência do problema e dos processos que envolvem, antes de iniciar a reflexão acerca da solução mais apropriada. Depois desta primeira avaliação é realizado um projeto com orçamento com previsão de recursos (financeiros, materiais e humanos) para esta iniciativa.

Neste processo podem surgir conflitos em termos de prioridade no caso de ter vários projetos em aberto. E2 comenta: *“A gente começa, sem saber onde vai chegar no final, mapeamos o horizonte, mas lá no fundo a gente não sabe o que tem, e aí vamos fazendo pequenas melhorias incrementais já gerando valor de forma rápida”*.

Os entrevistados destacam o cuidado que se tem na empresa ao implantar novas tecnologias, pois não há garantias de que todos os recursos investidos trarão os resultados esperados, por isso o planejamento é uma fase essencial deste processo. Também é preciso avaliar a real necessidade do que será implantado, uma vez que toda a estrutura que será montada irá alterar um modelo onde a empresa já está atuando (Oliveira & Penedo, 2014; De Albuquerque, 2021; Estrada, 2020).

Os entrevistados afirmaram que as tecnologias da I4.0, já implantadas na empresa Alfa, trazem grandes vantagens para a organização, como por exemplo softwares que indicam com antecedência as paradas de determinadas máquinas, o que permite que ações sejam tomadas mais rapidamente para efetuar a manutenção logo que a mesma pare, ou até mesmo antes da parada. Apenas esta melhoria trouxe um aproveitamento de 1,5% de tempo dentro do setor em que se encontram as máquinas citadas. Esta rapidez nas ações e recebimento de informações ocorre por meio do sistema que fornece dados em tempo real, o que reduz o tempo de análise, dispensando a necessidade de coletas manuais de dados para facultar sua análise via planilhas. Desta forma é possível acompanhar o que ocorre no setor de manufatura em tempo real por meio do referido sistema, com defasagem de apenas 45 segundos. Logo, com a agilidade das informações facultada-se maior agilidade nas decisões tomadas e nas ações a serem praticadas (Marciano, 2019; De Azambuja, 2021). Esta constatação vai encontro de dados publicados por CNI, (2016) e SEBRAE, (2018) que indicaram como os principais ganhos da I4.0 justamente decisões tomadas de forma autônoma, com mais exatidão permitindo agilidade também nos processos, o que influencia no aumento da qualidade de gestão das linhas produtivas.

Em relação aos empecilhos encontradas para a implementação da I4.0 os entrevistados citam a dificuldade em se conseguir recursos para realizar o investimento em novas tecnologias ou iniciativas que caminham a encontro da I4.0. Devido ao alto custo de equipamentos, insumos, ou de horas de muitas pessoas envolvidas para ser executado alguns projetos de investimento em tecnologias I4.0 acabam perdendo espaço dentro da empresa. Outra adversidade encontrada na empresa Alfa e citada como a mais significativa é dificuldade no cenário cultural. Segundo os entrevistados o maior empecilho é o modelo mental, individual e também coletivo, organizacional, muitas vezes é incompatível com agilidade, decisão autônoma e descentralização de poder, que são elementos importantes na implantação da I4.0.

A dificuldade decorrente da cultura organizacional constituída para implantação da I4.0 é citado também por CNI (2019) e IND4.0 (2019), que destacam a necessidade de gerenciar adequadamente as mudanças organizacionais provocadas pela implantação da I4.0. Essa resistência necessita de tempo para ser rompida e na maioria dos casos é feita de forma gradativa, o que demanda paciência das pessoas envolvidas na implantação. Um modelo que pode ajudar a romper barreiras culturais antes da implantação das tecnologias da I4.0 é a manufatura enxuta, que tem por objetivo ajudar na otimização de recursos e aumento da produtividade e deve anteceder a implantação da I4.0, pois é uma mudança que prepara a empresa e as pessoas para as tecnologias que a sucedem (Petroni, 2017; Telles, 2020).

No tocante à cultura organizacional, na empresa Alfa se constatou que a receptividade dos colaboradores com as tecnologias da I4.0 não representa um obstáculo relevante, pois os entrevistados, de forma unânime, afirmaram que os colaboradores, principalmente no nível operacional, gostam de usar e usufruir de novas tecnologias. E2 afirma: *“Hoje em dia todo mundo tem um celular, todo mundo está acostumado a viver no mundo digital. Então é muito ruim entrar na fábrica e ter que preencher papel. Dessa forma a gente tem uma boa*

receptividade”. No entanto, existem exceções, principalmente de colaboradores mais antigos, conforme relata E4: “*é difícil mudar uma tarefa que vem dando certo há anos*”. Nestes casos a empresa investe em processo de sensibilização, procurando demonstrar a estes colaboradores o quanto cada tecnologia agrega de valor ao trabalho deles, mostrar o quanto vai facilitar seu trabalho, ou ainda o quanto vai trazer de resposta para alguma necessidade que o mesmo tenha dentro de suas atividades.

Conforme Ribeiro et al, (2006); Coneglian, (2017) o bom funcionamento das empresas depende de uma série de fatores, sendo que o mais importante deles são as pessoas, que fazem parte diretamente dos processos produtivos e gerenciais das organizações. Portanto é essencial que os colaboradores estejam cientes do propósito e estratégias organizacionais. Para Oliveira, Penedo, (2014) é bastante difícil implantar novas tecnologias em um ambiente organizacional estável, que gera resultados consistentes, com base em conjunto de ativos, competências e habilidades, já disponíveis. Por isso é necessário que as mudanças sejam feitas de forma gradativa, com cuidado e paciência, para melhor adaptação dos envolvidos e ao passo em que são colocadas em prática, além de evidenciar os benefícios oriundos de novas tecnologias (Vido, 2019; Mesquita, 2018).

Foi constatado que a empresa Alfa possui uma área focada em desenvolvimento de software industrial, que tem suporte da gerência para continuar suas atividades. Com o suporte fornecido e disponibilizado aos demais setores da empresa, foi possível verificar que, apesar do alto custo que implica o investimento em novas tecnologias, é crescente o número destas, em uso, na empresa. O crescimento no uso de tecnologias, mesmo que não seja exponencial, exemplifica a boa relação de setores gerenciais com iniciativas em direção a I4.0. Os gestores podem ainda ter papel importante para que estes números cresçam ainda mais se buscarem como referência potências mundiais como Alemanha e China que já estão avançadas no uso de tecnologias (IND4.0, 2022; Becker, 2022). De acordo com Oliveira, Penedo, (2014), os processos tendem a ficar cada vez mais robotizados e automatizados e a empresa precisa incluir os colaboradores nestes processos. Com a prática de treinamentos aos operadores os mesmos adquirem também mais conhecimento para operar máquinas e softwares mais complexos e, com isso, aumentam seu portfólio de capacidades.

Também foi analisado o conjunto de mudanças na estrutura física da organização que se fizeram necessárias para a adoção das tecnologias da I4.0. Dentre as poucas mudanças na estrutura física da empresa Alfa foi ressaltada a inclusão de pontos de rede como uma das principais mudanças, para integrar na rede interna todas as máquinas da empresa. Além disso, foi mencionada, também, a instalação física de computadores nas máquinas do setor produtivo, de tal forma que hoje cada máquina tem seu computador. Também foi relatado que ocorreram mudanças de servidores, nas áreas de TI, cabeamento de rede e alocação de espaços para comportar salas especificamente para a implantação de novas tecnologias. A I4.0 depende muito de cabeamentos de rede, servidores, além de equipamentos como computadores e máquinas compatíveis com as tecnologias. É necessário que as empresas disponham de uma boa estrutura física mesmo que seja para suportar tecnologias como Big Data, IoT, Integração de Sistemas, entre os outros já citados (Souza, Junior & Neto, 2017; Mc Affe, 2012; Freitas, 2017).

Vale destacar que na empresa também ocorre a avaliação do nível de maturidade de processos organizacionais, especialmente, os operacionais, antes de receber a tecnologia I4.0. Mesmo que a tecnologia tenha grandes chances de dar retorno e traga benefícios, a falta de maturidade de processos poderá causar empecilhos à sua adoção. Na fase seguinte, caso haja maturidade nos processos para tal tecnologia, ele entra para o roteiro de novas tecnologias em potencial para serem desenvolvidos. Os responsáveis pelo desenvolvimento de tecnologias da empresa se reúnem, normalmente no final do ano, para elencar os projetos que conseguirão

desenvolver no ano seguinte com os recursos que a empresa destina para a finalidade de tecnologias e iniciativas relacionadas para a I4.0. Dentre os escolhidos, são identificados os projetos que: “*mais estão pegando fogo*”, segundo a E2. Com este critério a lista de projetos que serão levados adiante é reduzida e então são estimadas as horas necessárias ao desenvolvimento dos projetos.

Segundo E4 as iniciativas estão ainda “*engatinhando rumo a I4.0*” destacando que a próxima tecnologia prevista para implantação é a Big Data, com a instalação de servidores de bancos não relacionais para que sejam feitas análises mais profundadas de dados. A Empresa Alfa se baseia no manual da ACATECH (Academia Nacional de Ciências e Engenharia), que expõe seis níveis de maturidade para a I4.0 e que a considera muito mais como dados, tomada de decisões e agilidade do que como tecnologia (Schuh et. al., 2017).

No Quadro 1, a seguir, pode-se observar a síntese da definição de cada tecnologia da I4.0 estudada, bem como sua relação com a empresa Alfa, alvo do objeto de pesquisa.

Quadro 1 – Síntese das Tecnologias da I4.0 e Relação Com a Empresa Alfa

Tecnologia da I4.0	Citada como adotada pela empresa Alfa	Síntese da definição
Big Data	X	Grande volume de dados que são gerados com capacidade de serem armazenados, tratados e apresentados com alta velocidade para se tornarem acessíveis mesmo com sua extrema variedade de origem.
Computação em Nuvem		Armazenamento de dados, informações, ou arquivos em servidores de banco de dados remotos ao invés de <i>hardwares</i> ou <i>softwares</i> locais e físicos.
<i>Cyber Security</i>	X	Conjunto de ações tecnológicas que têm por objetivo proteger dados, sistemas, redes e programas de invasões cibernéticas.
Integração de Sistemas	X	Conexão entre diferentes áreas e setores industriais, formando uma espécie de cadeia.
Internet das Coisas	X	Integração de artefatos físicos com objetos virtuais através de redes conectadas a internet gerando impacto em diversas áreas como indústria, eletrônicos, saúde e materiais do dia-a-dia.
Inteligência artificial		Tecnologia que se caracteriza por, através de algoritmos, fazer com que máquinas ou softwares consigam tomar decisões baseadas não apenas nos algoritmos, mas também em novas informações retidas por sua própria funcionalidade e pensar semelhantemente como os humanos pensam atribuindo novas capacidades baseadas neste aprendizado.
Robôs Colaborativos	X	Máquinas programadas para fazerem determinados tipos de ações interagindo fisicamente com pessoas em determinado espaço.
Impressão 3D	X	Impressão peças tridimensionais através de softwares de CAD que podem ser desenvolvidas e modeladas de acordo com a necessidade do operador.
Realidade aumentada	X	Conexão entre pessoas com equipamentos virtuais em ambientes onde o real e digital se encontram, facilitando a interação de informações também virtuais relacionadas a algum equipamento por exemplo.
RFID		Localização de objetos através da comunicação sem fio utilizando radiofrequência.

Fonte: Elaborado pelo pesquisador (2022).

O referido quadro tem por objetivo relacionar as tecnologias descritas com a empresa Alfa para facultar o entendimento de quais tecnologias a empresa já utiliza, bem como sua definição sintetizada.

As evidências empíricas foram sintetizadas no Quadro 2, para facultar a compreensão de quais tecnologias já foram adotadas pela empresa Alfa.

Quadro 2 – Síntese das Evidências Empíricas

10	Síntese das respostas pelos entrevistados
1- Tecnologias já adotadas pela empresa	Apesar de terem uma visão de que as tecnologias são apenas facilitadoras e que o papel das pessoas é muito mais importante, os entrevistados citam Impressão 3D, Manufatura Aditiva, Realidade Aumentada, Integração de Sistemas, Cyber Security, Internet das coisas, Big Data, Robôs Colaborativos como tecnologias presentes na empresa Alfa.
2- Processo de implantação da I4.0 na empresa	Novos projetos tecnológicos passam por um filtro para identificar se são realmente necessárias, então destina-se recursos para o desenvolvimento das mesmas e em seguida começa-se o projeto, com liberdade para ser modificado ao longo do caminho, seguindo-se na direção de onde vá gerar mais resultados e de forma mais rápida.
3- Vantagens que as tecnologias da I4.0 trazem para a empresa	As principais vantagens citadas pelos entrevistados foram agilidade, tomadas de decisão mais rápidas e assertividade nestas decisões.
4- Dificuldades da implantação da I4.0 na empresa	As principais dificuldades encontradas pelos entrevistados são em conseguir recursos suficientes para implantar novas tecnologias, devido ao alto custo de máquinas, ou tempo de desenvolvimento e também a dificuldade no modelo cultural das pessoas que é difícil de se adaptar ao passo que avança a tecnologia.
5- A receptividade e repercussão da implantação da I4.0 com os colaboradores no contexto produtivo	A receptividade e repercussão em geral é muito boa, os colaboradores gostam de usar as tecnologias, mas há exceções em alguns casos onde existem barreiras e também dificuldades em utilizar as tecnologias da maneira correta. Apesar de serem poucos casos, os entrevistados contam que existe uma atenção voltada para estas ocorrências.
6- A repercussão da implantação da I4.0 no contexto gerencial	Os entrevistados relatam ter bastante apoio da gerência no desenvolvimento das tecnologias, mas por vezes até chegar na pauta dos recursos necessários. Isso algumas vezes se torna um entrave na sequência de projetos, por melhores que sejam.
7- Modificação de processos operacionais para adoção da I4.0	Os processos que recebem novas tecnologias são sempre revisados e geralmente redesenhados para otimizar seu funcionamento. Isto é feito com auxílio do(s) operador(es) do setor para gerar melhor aceitação dos mesmos às tecnologias implantadas.
8- Mudanças na estrutura física da empresa para a implantação da I4.0	Foram poucas mudanças físicas, dentre elas estão descidas de pontos de rede e instalação de computadores para cada máquina do setor produtivo, mudanças nos servidores, cabeamento de redes e alocação de espaços para comportar setores ligados à tecnologias.
9- Avaliação da viabilidade de novas tecnologias	A avaliação começa com a verificação de que haja maturidade de processos para comportá-la, em seguida é verificada quanto sua importância, se for importante o suficiente a mesma entra para a lista dos projetos que serão desenvolvidos no próximo ano, a próxima etapa classifica as iniciativas por prioridade e também passam por mais um filtro de força vs impacto. As iniciativas que melhor se adaptam em todas as etapas serão as próximas a serem implantadas.
10 Tecnologias da I4.0 previstas para implantação na empresa	A tecnologia citada como próxima a ser implantada é instalação de servidores de bancos não relacionais para que sejam feitas análises mais profundas de dados, que traz elementos de Big Data.

Fonte: Elaborado pelo pesquisador (2022).

Com a síntese das evidências empíricas é possível melhor analisar os dados colhidos durante toda a pesquisa bem como a entrevista no grupo focal, o levantamento documental e a observação sistemática não participante. Desta forma, fica mais fácil também compreender o capítulo onde são expostas as considerações finais, que vem a seguir.

5. Considerações Finais

De acordo com os resultados obtidos por meio de entrevistas feitas no formato de *focus group* na empresa Alfa foi possível constatar que a I4.0 está muito associada a tecnologia, mas não representa para empresa apenas investimento em máquinas e softwares, pois depende muito do modelo mental constituído e mantido na cultura organizacional vigente. Em atendimento ao objetivo da pesquisa, de analisar as principais adversidades que uma das maiores empresas do setor metalmeccânico na região do Vale dos Sinos enfrenta ao implementar as tecnologias da indústria 4.0., é possível afirmar que o mesmo foi alcançado.

Dentre as vantagens que a implementação da I4.0 foi destacada a agilidade, assertividade e rapidez nas tomadas de decisão com base no entendimento de que a tecnologia é uma habilitadora no processo. Foi evidenciada a necessidade de avaliar a maturidade dos processos que irão receber a tecnologia a ser implantada, pois definirão se a tecnologia acabará sendo útil ou não. No tocante ao investimento foram citadas as dificuldades e obstáculos na implementação da I4.0, devido ao alto custo de equipamentos tecnológicos e capacitação de mão-de-obra.

Também emergiram evidências da importância de cultura organizacional propícia para a implementação das tecnologias da indústria 4.0, que representa um desafio à gestão e demanda muito tempo para promover as mudanças organizacionais. Empresas com dificuldades de conseguir implantar tecnologias da I4.0 por questões culturais em seus níveis tanto gerenciais quanto produtivos podem acabar perdendo espaço no mercado competitivo. Não é tão fácil porém, desfazer estas barreiras, pois algo que sempre foi feito da mesma forma e trouxe resultados favoráveis, dificilmente se consegue mudar em um curto espaço de tempo.

A limitação da pesquisa é a opção metodológica, de estudo de caso único, o que impede a generalização de seus resultados. Por esse motivo recomenda-se, como estudos futuros, realização de mais pesquisas, tanto com abordagem qualitativa, como quantitativa.

Referências

- Amaral, H. N.; Gasparotto, A. M. S. (2021) **Inteligência Artificial: o uso da robótica indústria 4.0**. Revista Interface Tecnológica, v. 18, n. 1, p. 474-486.
- Bardin, L. (2016) **Análise de conteúdo**. São Paulo, SP: Edições 70,. 279 p.
- Becker, V. J. (2022) **Análise da Viabilidade Técnica na Adoção de Tecnologias da Indústria 4.0 Moveleira na Empresa Alfa**. Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul,.
- CNI. (2016) Sondagem Especial. Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira. Ano 17, n 2,.
- Coneglian, C. S.; Gonçalves, P. R. V. A.; Segundo, J. E. S. (2017) **O profissional da informação na era do big data**. Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação, v. 22, n. 50, pág. 128-143,.
- De Albuquerque, M. C.; Freitas, M. (2021) Computação em Nuvem. **Seminário de Tecnologia Gestão e Educação**, v. 3, n. 1,.
- De Azambuja, A. J. G; Almeida, V. R. (2021) **Um estudo bibliométrico das publicações sobre Segurança Cibernética na Indústria 4.0**. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, v. 10, n. 3, pág. 4210312937e-4210312937e,.
- De Paiva, R. J.; Da Silva, R.I. (2021) Realidade aumentada na criação de tutoriais para a Indústria 4.0. In: **Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente-SBAI**..
- Delloit (2014). Report – 3D Opportunity in aerospace and defense - Additive Manufacturing takes flight (Coykendall, Cotteleer, Holdowsky, & Mahto,.
- Demo, P. (2008) **Avaliação qualitativa**. 9. ed. São Paulo, SP: Autores Associados,. xiv, 109
- Estrada, M. M. P. (2020) Impressão 3D Inteligente e Desemprego. **Revista Eletrônica Direito & TI**, v. 1, n. 12, p. 5-5,.
- Flick, U. (2011) **Desenho da Pesquisa Qualitativa**. 1. Porto Alegre, RS: Artmed,.
- Freitas, A. A. (2017) **A internet das coisas e seus efeitos na indústria 4.0**..

- Fucks, G. et al. (2020) **Análise da utilização das tecnologias da Indústria 4.0 nos modelos de negócios de PMEs do setor metalmeccânico**. Exacta.
- Galego, C.; Gomes, A. (2005) Emancipação, ruptura e inovação: o “focus group” como instrumento de investigação. **Revista Lusófona de Educação**, v. 5, n. 5,.
- Gil, A. C. (2009) **Estudo de caso**. 1. ed. São Paulo, SP: Atlas,. xiv, 148 p
- I3C Soluções Inteligentes (2021). **Os Níveis de Maturidade da Indústria 4.0**. Publicado em 06/05/2021. Disponível em: <<https://i3csolucoes.com.br/os-niveis-de-maturidade-da-industria-4-0/>>. Acesso em: 08/11/2022.
- Ind4.0** (2022) Redação Cimm; Agência Vitalcom. Indústria brasileira aumentou o uso de tecnologias, mas ainda caminha a passos lentos, Disponível em: <<https://www.industria40.ind.br/noticias/22592-industria-brasileira-aumentou-uso-tecnologias-mas-ainda-caminha-passos-lentos>>. Acesso em: 20/06/2022.
- Lobo, L. C. (2017) Inteligência Artificial e Medicina. **Revista Brasileira de Educação Médica [online]**., v. 41, n. 2 [Acessado 14 Setembro 2022], pp. 185-193. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1981-52712015v41n2esp>>. ISSN 1981-5271.
- Marciano, E. M. et al. (2019) **Indústria 4.0–Integração de Sistema**. Revista Pesquisa e Ação, v. 5, n. 1, p. 75-92,.
- Marconi, M. A.; Lakatos, E. M. (2017) **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo, SP: Atlas,
- Mcafee, A.; Brynjolfsson, E. (2012) **Big Data: the management revolution**. Harvard Business Review, Brighton, v. 90, n. 10, p. 61-67, oct.. Disponível em: <<https://hbr.org/2012/10/big-data-the-management-revolution>>. Acesso em: 12 set. 2022.
- Meirinhos, M.; Osório, A. (2010) O estudo de caso como estratégia de investigação em educação. **EduSer**, v. 2, n. 2,.
- Mesquita, V. B.; Moreira, F. C. (2018) Indústria 4.0: Aplicação de Realidade Aumentada. **Simpósio em Excelência em Gestão e Tecnologia (XVSEGeT)**.,
- Nunes, L.; Kreischer, A. (2010) **Introdução à Metalurgia e aos Materiais Metálicos**. Rio de Janeiro: Interciência,.
- Oian, C. A. (2019) **Mapeamento da interface entre os eixos da qualidade 4.0 com os princípios, ferramentas e técnicas da indústria 4.0**. 2019. 78 p. (Dissertação para obtenção de título de mestre em engenharia de produção e de manufatura) – Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Limeira, São Paulo,.
- Oliveira, D.; Penedo, A. (2014) **Planejamento e Controle da Produção numa Indústria Metalúrgica**, Egen, Uberlândia, Minas Gerais,.
- Parchen, C. E.; Freitas, C. O. A.; Efiging, A. C. (2013) **Computação em Nuvem e Aspectos Jurídicos da Segurança da Informação**. Revista Jurídica Cesumar-Mestrado, v. 13, n. 1,.
- Petroni, B. C.; Júnior, I. G. (2017) **Impacto da Internet das Coisas na indústria 4.0: uma Revisão Sistemática da Literatura**. In: WORLD CONGRESS ON SYSTEMS ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY..
- Portal da Indústria. (2022) **Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos**. CNI, Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>>. Acesso em: 08/06/2022.

- Ribeiro, F. C. et al. (2006) **Análise da atividade produtiva em uma empresa metalúrgica - o gargalo na fabricação das escadas**. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 de novembro de.
- Rodrigues, L.; De Jesus, R.; Schützer, K. (2016) **Indústria 4.0 – uma revisão da literatura**. Revista ciência & tecnologia, v 19, n 38,.
- Santi, T. (2018) **Segurança Cibernética na Indústria 4.0**. O Papel: Revista Mensal de.,.
- Santos, S. L. B. (2016) **Impressão 3D: perspectivas de adoção na Indústria Portuguesa**.. Tese de Doutorado.
- Schröder, C. S.; Klerin, L. R. (2009) Grupo focal on-line: uma possibilidade para uma pesquisa qualitativa em administração. **Cadernos EBAPE. BR** , v. 7, p. 332-348,.
- Schuh, G. et al. (Ed.). (2017) **Índice de maturidade da indústria 4.0: Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten** . Herbert Utz Verlag,.
- Schwab, K. (2017) **A Quarta Revolução Industrial**. 1 ed. São Paulo: Edipro,., 159 p.
- Sebrae. (2018) **Indústria 4.0 a moda a caminho do futuro. Serviço de apoio às micro e pequenas empresas no estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro,.
- Silva, G. M. F.; Lessa, C. L. A. (2021) Sistema de Identificação e Localização de Foreign Object Baseado em Rfid para Indústria Aeronáutica. In: **X JORNACITEC-Jornada Científica e Tecnológica** .
- Sinmetal**, (2022). A importância do setor metalmeccânico na economia gaúcha, Disponível em: <http://www.sinmetal.com.br/site/principal/conteudo_nivel3.asp%3FcodConteudo%3D269>. Acesso em: 20/06/2022.
- Souza, J. S.; Braga, R. L. (2019) Controle de perdas de embalagens através do sistema RFID. .
- Souza, P.; Junior, S.; Neto, G. (2017) **Indústria 4.0: contribuições para setor produtivo moderno**. XXXVII encontro nacional de engenharia de produção. Joinville, Santa Catarina, 10 a 13 de outubro.
- Telles, E. S.; Barone, D. A. C.; Da Silva, A. M. (2020) **Inteligência Artificial no Contexto da Indústria 4.0**. In: Anais do I Workshop sobre as Implicações da Computação na Sociedade. SBC,., p. 130-136.
- Theis, V.; Schreiber, D. (2015) **Práticas de gestão ambiental em inovação de produtos e processos, no setor metalmeccânico do vale dos sinos, rio grande do sul, brasil**. Altec, Rio Grande do Sul,.
- TOTVS. (2022) Indústria 4.0: afinal, você sabe realmente o significado?. [s. l.]: TOTVS, 2018. Disponível em: <<https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/industria-4-0saiba-o-real-significado/>>. Acesso em: 11 out..
- Vido, M.; Lucato, W. C.; Martens, M. L. (2019) O robô colaborativo na indústria 4.0: conceitos para a interação humano-robô em um posto de trabalho. 2019. **XXXIX Encontro nacional de engenharia de produção**, Santos, SP,.
- Yin, R. K. (2015) **Estudo de Caso-: Planejamento e métodos**. Bookman editora,.