

OS DESAFIOS DA GESTÃO DA QUALIDADE NA ERA DA INDÚSTRIA 4.0***THE CHALLENGES OF QUALITY MANAGEMENT IN AGE OF INDUSTRY 4.0***

Kariline Arvatti

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

DOI: 10.31510/inf.v21i2.2097

Data de submissão: 27/09/2024

Data do aceite: 23/11/2024

Data da publicação: 20/12/2024

RESUMO

A indústria mundial vem passando por grandes transformações em sua forma de produzir e suprir a demanda por novos produtos e serviços. Para isso, novas tecnologias vêm sendo inseridas em seu âmbito, como Internet das Coisas, Inteligência Artificial, vasto acesso a dados através dos *Big Datas* e computação em nuvem. Diante deste cenário surgiu a indústria 4.0 ou 4ª Revolução Industrial que exige da gestão da qualidade uma adequação a esta nova realidade e, utilizando destas novas tecnologias conciliada com os métodos tradicionais da qualidade, evolui para a Qualidade 4.0 que desempenha um papel de alta performance e excelência operacional. A partir do cenário exposto, este trabalho tem o objetivo de explorar e mostrar os desafios da gestão da qualidade na era indústria 4.0 e de que modo a mesma necessita adaptar-se a esta nova realidade. A pesquisa utilizada foi a bibliográfica, explorando diversos trabalhos científicos e acadêmicos. Seus resultados demonstram as possibilidades de desenvolvimento da gestão da qualidade diante da Indústria 4.0 ou 4ª Revolução industrial, trazendo repostas rápidas, maior controle e melhor capacidade de organização, resultando em melhores produtos.

Palavras-chave: Qualidade 4.0. Industria 4.0. Gestão da qualidade. Melhoria e Processos.

ABSTRACT

Industries around the world are undergoing major changes in the way they produce and meet the demand for new products and services. To this end, new technologies have been introduced, such as the Internet of Things, artificial intelligence, vast access to data through big data and cloud computing. Given this scenario, Industry 4.0 or the 4th Industrial Revolution has emerged, which requires quality management to adapt to this new reality and, using these new technologies combined with traditional quality methods, to evolve into Quality 4.0, playing a role of high performance and operational excellence. This work aims to explore and show the challenges of quality management in age of Industry 4.0 and how it adapts to this new reality. The research used was bibliographical, exploring different scientific and academic works, and its results show the possibilities of developing quality management in the face of Industry 4.0 or the 4th Industrial Revolution, bringing rapid responses, greater control and better organizational capacity, resulting in better products.

Keywords: Quality 4.0. Industry 4.0. Quality management. Improvement. Process.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos três revoluções industriais mudaram o conceito de consumo de toda a população mundial e o padrão de vida delas, construindo uma nova percepção e trazendo novas tecnologias que construiu a atual existência da humanidade.

As mudanças em todo o universo industrial, a forma como produzimos produtos, o aumento da produtividade que permite o acesso a bens de consumo por toda a população mundial e conseqüentemente, aumentando a demanda por mais destes produtos e exigindo o desenvolvimento de mais tecnologia para suprir estas demandas, é o resultado das três revoluções industriais que passamos (SOUZA; PINTO, 2021).

Lemos (2021) em seu estudo escreve que o processo natural de evolução da humanidade está em constante transformação, seja de crescimento, exigências ou comportamento e que, estas transformações acontecem simultaneamente trazendo novas tecnologias como forma de atender a toda esta demanda por novos produtos e serviços.

Nesta exigência, a indústria vem aprimorando sua capacidade de produção, inovando com novas tecnologias ditadas pela transformação digital que transformaram os processos produtivos, iniciados com a inserção da máquina a vapor, depois pelo advento da energia elétrica e agora, pelos inputs de robôs, uso de internet e toda a tecnologia da informação que hoje impulsiona a indústria mundial.

Toda essa evolução se deve a necessidade que as organizações tiveram e têm, para suprir as necessidades do mercado e atender seus clientes com uma qualidade melhor de seus produtos e serviços. Para que isso ocorra, a empresa deve possuir qualidade, curto prazo de entrega, confiabilidade, flexibilidade para atender a mudanças, seja no produto ou na produção dele, diminuir custos, ter capacidade competitiva e boa gestão que garantam a estabilidade dos processos (SANGULO, 2021).

Diante destes desafios muitas indústrias têm buscado implementar novas tecnologias da Indústria 4.0, como Internet das coisas (IoT), *Big data*, *Cloud Computing*, que são tecnologias que trazem várias vantagens, tornando os processos mais eficientes, melhorando a produção, a qualidade do produto e a redução de custos.

A indústria 4.0 teve sua origem em 2011 na feira de Hannover, pois sua economia é baseada na força digital e com conexão permanente com as pessoas, onde o compartilhamento de dados acontece. Portanto, o termo indústria 4.0 foi utilizado como forma de conceituar as

novas tecnologias e organização da cadeia de valor, onde a comunicação é as decisões descentralizadas são tomadas em tempo real.

Esta nova indústria mudou a forma de produção, pois são equipadas com tecnologias capaz de coletar e interpretar dados e informações que permitem a produção em massa de pedidos personalizados com eficiência e qualidade (HOFFMANN, 2019).

Diante deste nova Revolução Industrial, a gestão da qualidade precisará, naturalmente, se adaptar as novas transformações ocasionadas pela 4ª Revolução Industrial, pois, manter a qualidade em constante evolução, permite aos negócios se tornarem mais competitivos.

Esta nova fase chamada de Qualidade 4.0, que, pelo fato de ser ainda recente, necessita de mais estudos para entender suas características, suas dificuldades e seus benefícios, é um requisito indispensável para o sucesso de uma organização e com estas novas mudanças e tecnologias da Indústria 4.0, se faz necessário a evolução da qualidade como forma de se adaptar as transformações que vem ocorrendo (LEMOS, 2021).

Este trabalho tem o objetivo de explorar e mostrar os desafios da gestão da qualidade na era indústria 4.0 e como ela se adapta a esta nova realidade, pois, esta tecnologia está transformando produtos e serviços, bem como, exigindo capacitação das pessoas para realizar atividades antes impossíveis, mas que hoje possibilitou um nível de excelência da produção, conforme escreve Lemos (2021). Neste contexto, surge a necessidade da Gestão da Qualidade se adaptar a tantas mudanças e deste contexto, surge o questionamento que é a base para a pesquisa deste artigo: “Quais os desafios da Gestão da Qualidade na era da Industria 4.0?”.

Com base em seu objetivo geral proposto, este trabalho abordara os desafios da gestão da qualidade diante da transformação que a Industria 4.0 impõe e como ela se comportará no objetivo de manter as qualidades dos produtos e serviços mesmo com uma evolução tão rápida da tecnologia, sem ter a pretensão de esgotar a discussão sobre o tema, mas sim, estimular a investigação sobre um tema tão atual.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tempo presente estamos vivenciando grandes transformações marcadas pela velocidade com que a informação trafega, pela alta competitividade e pela alta demanda por produtos e neste quadro a qualidade tem um papel de destaque na tomada de decisão do cliente.

Com isso, a qualidade dos processos, produtos e serviços é fundamental para manter a competitividade empresarial, pois este cenário já não se reduz ao consumidor como indivíduo

unitário, mas transcende o corpo da personalidade jurídica privada, como toda sorte de organização, seja ela indústria, loja de varejo, instituição financeira etc. (HOFFMANN, 2019).

Os investimentos no processo de produção de produtos e serviços, tendo como objetivos atingir maior qualidade, trazendo a todo momento um retorno considerável e assim, este aperfeiçoamento se torna um fator essencial para o sucesso do negócio dentro de um mercado agressivo.

Toda gestão que usa a qualidade de forma estratégica deve considerar as constantes mudanças e transformações que ocorrem no decorrer do tempo, pois o ser humano tem hábitos de consumo que variam e a qualidade deve estar se adaptando a essas mudanças e com isso, os processos produtivos vem pautando as gestões através da tecnologia e esta forma de gerenciar é denominada de Indústria 4.0 (HOFFMANN, 2019).

Uma gestão organizacional pautada na qualidade deve estar alinhada as transformações da sociedade, se moldando as variações de consumo, vinculando seus processos a recursos tecnológicos e se adequando a indústria 4.0.

2.1 Indústria 4.0 e seus elementos

A indústria 4.0 marcou o início da Quarta Revolução Industrial, que tem como característica o uso de sistemas ciberfísicos (CPS) e da Internet das Coisas e dos Serviços.

A incorporação da tecnologia cibernética que permite a conexão de produtos com a internet é a base para o surgimento de produtos inovadores que possibilitam diagnósticos, operação e manutenção de maneira economia e eficaz, auxiliando na criação de novos modelos de negócios com controles inteligentes e foco no consumidor e seus requisitos específicos (MARKATOS; MOUSAVI, 2023).

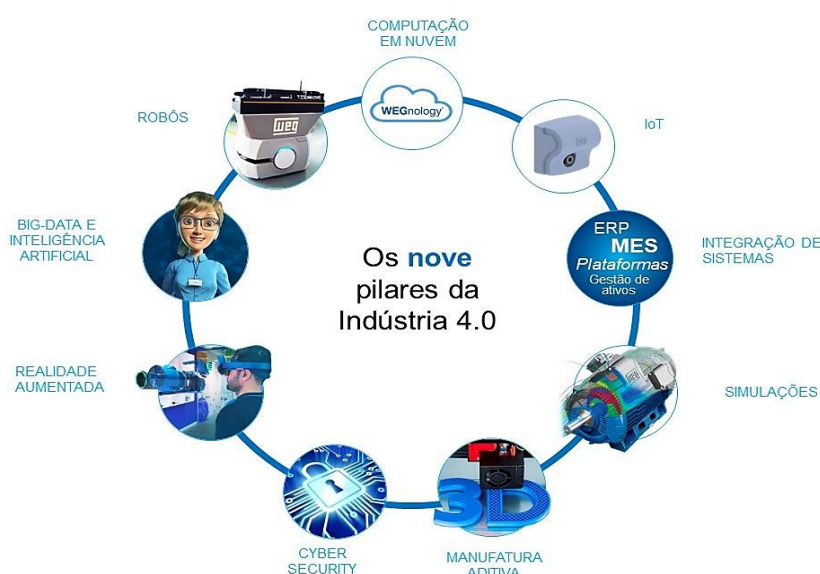
Nesta nova fase da indústria é caracterizada pela fusão de tecnologias física, digitais e biológica, incluindo as novas tecnologias de computação em nuvem, Internet das Coisas, robótica e outras mais, todas integradas e trabalhando juntas com o objetivo de criar uma indústria mais eficiente, produtiva e competitiva.

Dentro deste conceito, a Indústria 4.0 concebe fábricas inteligentes que são caracterizadas por operações autônomas ou semiautônomas, que só são possíveis com o uso de máquinas e robôs. Estas novas ferramentas são dotadas de capacidade de aprendizado e adaptação, o que permite ajustar-se a condições de produção eficientes e, portanto, representam uma profunda mudança na forma como a produção é realizada, permitindo uma rápida adaptação as mudanças ocorridas nas demandas de mercado, além de aprimorar a eficiência,

pois as máquinas podem operar de maneira otimizada, minimizando perdas e maximizando a produção (SILVA et al, 2023).

A indústria 4.0 tem 9 pilares que transformaram as empresas em empresas inteligentes e adicionou os elementos da automação que são: *Big data*, Fabricação aditiva, *Cyber* segurança, robôs autônomos, computação em nuvem, realidade aumentada, simulação, sistemas horizontais e vertical integrados e internet das coisas conforme mostra abaixo a figura 1.

Figura 1 – Pilares da Indústria 4.0



Fonte: Weg (2019)

Estes nove pilares têm revolucionado o setor industrial, pois contribuem para a otimização da gestão, melhoria e controle da qualidade, pois ao introduzirem novas tecnologias e ferramentas, eles otimizam os processos de produção (MARKATOS; MOUSAVI, 2023).

Estes processos trazem como benefícios a redução de custos e aumento da eficiência e quatro áreas são diretamente atingidas por estas melhorias:

- Eficiência produtiva e alocação de recursos: A Indústria 4.0 promove uma maior eficiência no consumo de energia e materiais, com uma utilização otimizada entre as empresas conectadas;
- Aumento de receita: Baseado na busca por equipamentos avançados e uso integrado de dados, aliados à produção de produtos personalizados.

- Capacidade de emprego: Previsão de crescimento de vagas que exijam conhecimento específico, como: engenheiros mecânicos, desenvolvedores de software e especialistas em tecnologias da informação.
- Aplicação de recursos: expectativa de alto investimento e bons resultados para a economia.

O impacto destes benefícios na Indústria 4.0 varia de acordo com o setor da indústria, pois os setores com grande oferta de produtos diversos, a exemplo dos setores automobilístico, de alimentos e de bebidas, irão se beneficiar com o maior grau de flexibilidade enquanto o setor de alta qualidade, como o setor de semicondutores e fármacos, serão os mais beneficiados com a minimização das taxas de erro. Já os clientes participarão de todo os procedimentos produtivos através da tecnologia da informação, pois esta integração será entre clientes e empresas (ALBERTIN; ELIENESIO; AIRES, 2017).

2.2 Qualidade 4.0

A Qualidade 4.0 é definida pelo uso de ferramentas tecnológicas que vem da Indústria 4.0 como, a análise de dados, o uso de *Big Data*, a Inteligência Artificial (IA), *machine learning*, *blockchain* entre outros.

Vários são os motivos nos quais a Qualidade 4.0 é importante. Ela capacita as empresas a atingirem níveis de eficiência e eficácia nos processos de qualidade até então inimagináveis. O aprendizado de máquina e a Inteligência Artificial auxiliam na identificação e correção de defeitos da qualidade em tempo real, permitindo a redução de custos e aumentando a percepção da qualidade nos produtos, satisfazendo o cliente (SILVA et al, 2023).

A Qualidade 4.0 concilia novas tecnologias com os métodos de qualidade tradicionais com vistas à excelência operacional, desempenhando uma alta performance com inovação, permitindo o realinhamento das funções da qualidade com as estratégias organizacionais, alavancando a excelência operacional ao mesmo tempo que soluciona questões não resolvidas adequadamente por longos tempos, como: barreiras funcionais, comunicação ineficaz e fragmentação dos dados dos sistemas de qualidade tradicionais.

Outras oportunidades surgiram para que o gerenciamento da qualidade lidere a melhoria do desempenho organizacional. Devido ao avanço das novas tecnologias e a diversidade das necessidades dos clientes, os métodos tradicionais de gestão da qualidade não conseguem atender a esta demanda e então, as ferramentas proporcionadas pela Indústria 4.0, permitem

melhorar os processos de produção, otimização, planejamento, operação, previsão, simulação e prototipagem e a participação e comprometimento dos funcionários.

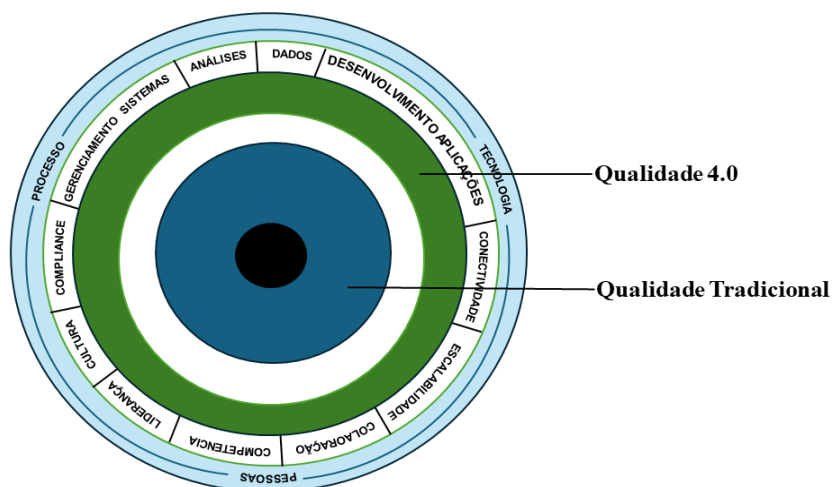
Com o avanço da tecnologia e a disponibilidade de dados, hoje é possível uma análise de processos em tempo real, tornando mais adaptável e eficiente a manufatura de produtos com um custo mínimo e uma qualidade máxima. Este processo conhecido como Indústria 4.0 somente é possível com o contínuo desenvolvimento da tecnologia da informação aliada a engenharia da produção e referenciada como a quarta revolução industrial (SOUZA; PINTO, 2021).

Desta forma, o gerenciamento da qualidade tradicional mudou radicalmente devido a digitalização total de todas as funções da organização, aumentando a eficiência operacional, o desempenho, inovação e modelos de negócios. Além disso, novas maneiras de produzir surgiram devido ao foco em produtos complexos e personalizados, gerados por processos de fabricação dinâmicos e com custos reduzidos, principalmente os custos com amostragem e inspeção (LIU et al, 2023).

2.3 Qualidade 4.0 e sua relação com as tecnologias da Indústria 4.0

A Qualidade 4.0 mantém os fundamentos e princípios da qualidade e unida à tecnologia, apresenta a oportunidade de as organizações identificarem seus erros ao nível de processo da qualidade, ou seja, é uma oportunidade para as empresas se aprofundarem nas causas e efeitos de insucessos na inovação de produtos e de processos. Este conceito insere dentro da digitalização a Gestão da Qualidade, impactando na relação com pessoas, processos, e tecnologias ligadas a qualidade (MONTEIRO, 2021).

Figura 2 – Eixos da Qualidade



Fonte: Adaptado de Jacob (2017)

Dentro deste escopo 11 eixos principais se destacam formando a conexão entre processos, tecnologia e pessoas, conforme mostra a Figura 2: Sistema de gestão, Dados, Análises, Conectividade, Aplicativos de desenvolvimento, Escalabilidade, Colaboração, Competitividade, Liderança, Cultura e Compliance.

Estes eixos da Qualidade 4.0 envolve a Tecnologia com coleta de dados, desenvolvimento de aplicações, conectividade e escalabilidade e o processo para a utilização desta tecnologia envolve os Processos de gerenciamento de sistemas e análises dos dados coletados e para isso, são necessárias pessoas capacitadas e dotadas de competências, espírito de liderança, colaboração, cultura e compliance. Uma vez atingido estes onze eixos, a Qualidade 4.0 irá atender as necessidades da Indústria 4.0, impactando de maneira positiva esta revolução.

Entretanto, as vantagens estratégicas e competitivas conseguidas através da maior transparência de dados e insights da qualidade levam ao nível de excelência a cultura organizacional, mas apresenta outros desafios, como a gestão de pessoas, tão fundamental para a inovação.

Dentre os obstáculos a serem superados, está: a busca por lideranças que faça a coordenação entre as áreas da organização; ter líderes com capacidade para lidar com o ambiente competitivo, sem perder a hierarquia, conectado com a tecnologia e primando pela transparência; desenvolver talentos capazes de lidar e disseminar as iniciativas da indústria 4.0 e da qualidade 4.0 dentro de um ambiente inovador.

2.4 Desafios da qualidade na Indústria 4.0

Um dos principais desafios da qualidade na Indústria 4.0 é a falta de investimento em tecnologias que possui baixo valor agregado e grande volatilidade do mercado internacional e baixas margens de lucro.

Outro desafio é a falta de profissionais qualificados para gerir e executar inovações tecnológicas, pois é necessário ser criativo, proativo e ser capaz de acionar gatilhos de inovação.

Geralmente, os colaboradores de chão de fábrica têm receio de não conseguir operar as ferramentas tecnológicas e se sentem seguros com seus antigos processos repetitivos e em razão disso, a Qualidade 4.0 tem uma enorme responsabilidade para inserir mais inovação junto com os colaboradores e estimular os demais para esta prática (LEMOS, 2021).

A qualidade 4.0 se integra a Indústria 4.0 e avança em gestão da qualidade, pois incorpora Internet das Coisas (IoT), análise de dados e aprendizado de máquina, transformando os processos de produção e gestão da qualidade através do monitoramento em tempo real, onde é possível a identificação de anomalias ou desvios, tornando as ações corretivas mais ágeis e eficientes, contribuindo para a redução de retrabalho e melhorando a qualidade dos produtos finais (SILVA; CARVALHO; ANDRADE, 2021).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia empregada para a elaboração deste artigo é a pesquisa de cunho bibliográfico, a qual deve ser desenvolvida a partir de conteúdos previamente produzidos, como em obras literárias, publicações, livros e artigos científicos, conforme escreve Gil (2002).

Gonçalves (2005) escreve que a pesquisa bibliográfica se baseia em materiais previamente desenvolvidos, consistindo principalmente de livros e publicações científicas e com base nessas definições, foram examinados vários artigos, documentos, e-books e conceitos divulgados em revistas, congressos, sites de instituições de ensino, órgãos governamentais e empresas relacionadas à indústria 4.0 e Qualidade 4.0.

Na primeira etapa foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre a 4ª Revolução Industrial e as consequências para a Gestão da Qualidade. Na sequência, foi elaborada a fundamentação teórica que forneceu elementos necessários para abordar o tema Indústria 4.0 e a Qualidade 4.0, suas características, aplicações e quais os seus desafios.

Em seguida, foi apresentado os resultados e a discussão onde foram analisados os desafios da Gestão da Qualidade 4.0. Por fim, foi sintetizada as conclusões finais baseada na

pesquisa sobre os desafios da Gestão da Qualidade na Indústria 4.0 e suas aplicações e abrindo espaço para eventuais estudos futuros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação de controles de qualidade na Indústria 4.0 proporciona benefícios e desafios. O aprimoramento dos processos, otimização na tomada de decisão e o aumento na qualidade dos produtos são alguns benefícios, contudo, os desafios se apresentam na capacidade de investimentos em tecnologias e sua manutenção, assim como na necessidade de capacitação de pessoal para o uso das mesmas (SILVA et al, 2023).

O foco da qualidade está nos dados necessários para monitorar o desempenho da qualidade e isso implica em custos de boa e má qualidade e isso tem sido um problema para as organizações. Apesar de o custo da falta de qualidade ser evitável através do uso de ferramentas de controle e monitoramento, a introdução destes sistemas acarreta diversos desafios, tais como: baixa capacidade de processamento da informação, *feedback* limitado, falta de *feedback* em tempo real dos dados relativos à qualidade, estado da qualidade inadequado que permita uma visualização dos envolvidos etc. (MONTEIRO, 2021).

Souza e Pinto (2021) aborda que a tecnologia e a falta de habilidade pessoais para a usar são as maiores dificuldades encontradas pelas organizações para a execução da Qualidade 4.0. Dificuldades no gerenciamento de mudanças, falha na comunicação, problemas com a formação de equipes e falta de conhecimento para análise de *Big Data* estão entre as barreiras encontradas para esta implementação, sendo necessário mudanças na infraestrutura e estratégia tecnológica, além de um plano de treinamento simples que permita ao cliente um entendimento rápido e fácil para manter uma cultura de qualidade contínua.

Silva, Carvalho e Andrade (2021). escreve que a filosofia do gerenciamento da qualidade da Indústria 4.0 fornece ferramentas modernas tecnologicamente conectada que contribuem para que os processos de qualidades sejam mais eficientes e permitam o alcance de metas e resultados, garantindo o controle, a rastreabilidade e a sustentabilidade em todos os processos, permitindo a excelência na gestão de recursos e uma produção eficiente e sem defeitos.

Para Hoffmann (2021) a quarta revolução industrial está em pleno andamento e as organizações que não se introduzirem nesta seara, não terá competitividade. Ele observa que ainda há falta de processos automatizados e de sistemas específicos para o devido controle da qualidade, resultando na perda da eficiência operacional, pois a qualidade 4.0 é baseada na

colaboração, na constante análise de dados, nas ferramentas digitais e nas auditorias menos frequentes, mas, mais eficientes.

E por fim, Souza e Pinto (2021) conclui que a Qualidade 4.0 se integra com a Indústria 4.0, pois aprimora os processos através da digitalização e traz muitos dados que conecta com todas as novas ferramentas desta nova indústria e a análise destes dados é o que vai dirigir as organizações a entenderem os indicadores da qualidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta nova era em que a nova Revolução Industrial se faz presente devido aos avanços tecnológicos, surgimento da Inteligência Artificial e nos muitos dados produzidos no mundo, a Qualidade necessita se adaptar a esta nova realidade.

Com essa nova fronteira a ser transposta a Qualidade 4.0 tem a oportunidade de gerenciar a qualidade aliada a novas ferramentas que lhe permite respostas rápidas, maior controle, melhor capacidade de organização que vai gerar produtos de ótima qualidade.

Apesar das grandes barreiras a serem transpostas, da falta de capacidade de investimento por parte das empresas, falta de capacidade dos colaboradores para a utilização de tecnologia, necessidade de substanciais de investimentos para aquisição e manutenção de novas tecnologias, treinamento e capacitação constante com as pessoas envolvidas, a Qualidade 4.0 trará benefícios significativos a indústria e continuará a transformar a gestão da qualidade, pois sua potencialidade e adaptabilidade aos processos da qualidade são enormes, além de resultar na melhoria da qualidade produtiva e ser uma estratégia essencial para as organizações serem competitivas.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, M.R.; ELIENESIO, M.L.B.; AIRES, A.S. Desafios e oportunidades da indústria 4.0 para o Brasil. XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. ENEGEP, 2017.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GONÇALVES, Hortência de Abreu. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. São Paulo: Avercamp, 2005. 142 p.

HOFFMANN, Vanderlei. **Gestão da qualidade na indústria 4.0: uma revisão de literatura**. Monografia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco. 2019.

JACOB, D. (2017) **Quality 4.0 impact and strategy handbook**: getting digitally connected to transform quality management. Cambridg, LNS Reserach, pp. 1–28.

LEMOS, E.M. **Qualidade 4.0**: uma abordagem sobre o novo papel da qualidade na quarta revolução industrial. Dissertação de mestrado. ISE – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa, Portugal. 2021.

LIU, HC., Liu, R., Gu, X. *et al.* From total quality management to Quality 4.0: A systematic literature review and future research agenda. **Front. Eng. Manag.** **10**, 191–205 (2023). Disponível em : <https://doi.org/10.1007/s42524-022-0243-z>. Acesso em 09 set. 2024.

MARKATOS, N.G.; MOUSAVI, A. *Manufacturing quality assessment in the industry 4.: a review.* **Total Quality Management & Business Excellence**, **34**(13–14), 1655–1681. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14783363.2023.2194524>. Acesso em: 09 set. 2024.

MONTEIRO, N. S. J. **Qualidade 4.0: os desafios futuros da Gestão da Qualidade**. Dissertação. Universidade Beira Interior, 2021.

SANGULO, I.C. **Qualidade 4.0**: Influência das tecnologias I4.0 na melhoria da qualidade. Dissertação de mestrado. Universidade Beira Interior. 2021.

SILVA, et al. **Qualidade 4.0: tecnologias emergentes e suas aplicações.** **Revista de Gestão e Secretariado**. **14**, n.7, p.12116 a12132, 2023, Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/372743169_Qualidade_40_tecnologias_emergentes_e_suas_aplicacoes. Acesso em: 09 set. 2024.

SILVA, A.I; CARVALHO, J.T.F; ANDRADE, M.S. **A Gestão da Qualidade na indústria 4.0**. UNIFG, Boa Vista, 2021.

SOUZA, B.C.C; PINTO, M.B.S. **Qualidade 4.0**: as evoluções na gestão da qualidade diante das mudanças apresentadas na quarta revolução industrial. Trabalho de graduação. Universidade de São Francisco. 2021.

WEG. **As fábricas inteligentes da Indústria 4.0**. Weg Notícias, 2019. Disponível em: <https://www.weg.net/institutional/BR/pt/news/produtos-e-solucoes/as-fabricas-inteligentes-da-industria-4-0>. Acesso em 13 set 2024.