

A GESTÃO DA QUALIDADE NA INDÚSTRIA 4.0: REVISÃO DE LITERATURA

Alan Inácio da Silva

Estudante do Curso de Engenharia Mecânica, Cabo de Santo Agostinho, Brasil,
alaninacio198@gmail.com

José Thiago Fonseca de Carvalho

Estudante do Curso de Engenharia Mecânica, Recife, Brasil,
jthiagof6@gmail.com

Mateus Santos de Andrade

Estudante do Curso de Engenharia Mecânica, Recife, Brasil,
mateusandradeagro@gmail.com

Lytienne Rodrigues da Cunha

Mestra em Economia, Especialista em Gestão de Empresas, Certificada em Gestão por Resultados, Orientadora e Docente do Centro Universitário dos Guararapes – UNIFG/PE

lytienne.cunha@animaeducacao.com.edu

RESUMO:

Este estudo tem como objetivo geral observar que relações são percebidas no âmbito da indústria 4.0, quando observados os princípios e fundamentos da gestão da qualidade. Foram delimitados enquanto objetivos específicos: abordar a evolução da Indústria 4.0 (I4.0), verificar os benefícios obtidos com a certificação ISO 9001; destacar como a gestão da qualidade está inserida na indústria 4.0, em seus processos produtivos. Dentre as percepções identificadas nos processos, destaca-se a redução dos custos de produção e do desperdício. A revisão da leitura utilizada teve como metodologia a integrativa, que adotou como estratégia de busca, a verificação de artigos indexados nas bases de dados eletrônicas Scielo, Capes e Google acadêmico. Conclui-se que a filosofia de gerenciamento de qualidade da Indústria 4.0 trata-se de estar preparando as organizações para o futuro, ao equipá-las com ferramentas avançadas, conectadas e específicas que podem ajudá-las na melhoria dos processos conduzidos, imbuídos de gestão da qualidade, com mais eficiência e maior visibilidade, a fim de atingir suas metas.

Palavras-chave: Empresas. Gestão da qualidade. Indústria 4.0. Tecnologias.

ABSTRACT:

This study has the general objective of observing which relationships are perceived within the scope of industry 4.0, when observing the principles and fundamentals of quality management. They were delimited as specific objectives: to approach the evolution of Industry 4.0 (I4.0), to verify the benefits obtained with the ISO 9001 certification; highlight how quality management is inserted in industry 4.0, in its production processes. Among the perceptions identified in the processes, the reduction of production costs and waste stands out. The reading review used had an

integrative methodology, which adopted as a search strategy, the verification of articles indexed in the electronic databases Scielo, Capes and Google academic. It is concluded that the industry 4.0 quality management philosophy is about preparing organizations for the future, by equipping them with advanced, connected and specific tools that can help them improve processes conducted, imbued with management of quality, with more efficiency and greater visibility, in order to reach its goals.

Keywords: Companies. Quality management. Industry 4.0. Technologies.

1 INTRODUÇÃO

Manter-se no mercado tem sido desafiador para muitas empresas, pois o mundo globalizado exige uma atualização contínua, em sua forma de interagir, com o mercado. De maneira que a qualidade, a cada dia, passa a envolver todos os setores de uma empresa, seja da produção, administrativo ou área comercial, pois todos devem desempenhar suas funções em prol da satisfação dos clientes (Paladini, 2018).

Ao longo do tempo, a visão sobre qualidade foi se modificando, deixando de ter apenas uma preocupação com a técnica, conformidade, custo e especificação para atender as necessidades e satisfação do cliente. Essa visão impulsionou a gestão da qualidade a transformar o ambiente organizacional, tal como a qualidade da produção, serviços, cultura organizacional, a interação entre os públicos interno e externo e a melhoria contínua no processo (Mazzaferro *et al.*, 2019).

Com o desenvolvimento contínuo da Indústria 4.0 e suas aplicações, os modelos de negócios foram adaptados para acompanhar a incorporação de novas tecnologias. Como as empresas industriais operam em um ambiente cada vez mais competitivo, com ciclos muito curtos de inovação tecnológica, a otimização e automação de processos tornaram-se fundamentais para a sobrevivência da empresa (Collabo, 2019).

Nessa senda, as práticas de gestão da qualidade foram amplamente integradas às empresas, enquanto vantagem competitiva, de modo que se tornou uma exigência segui-las a fim de disponibilizar um produto no mercado. Diante dos novos paradigmas de produção, como a Indústria 4.0, surgem dúvidas sobre como os processos de gestão da qualidade poderiam se beneficiar e se adaptar na era das tecnologias digitais (Cunha, 2020). Trata-se de uma nova percepção da aplicação dessa nova era, com vistas a otimização dos processos e gestão, quando vinculados ao modelo de gestão da qualidade.

Diante do exposto, o presente artigo centra-se em discutir, enquanto problema, a importância da gestão da qualidade para manutenção preditiva na era da Indústria 4.0. Com o objetivo de, a partir deste estudo, trazer a discussão que relações podem ser suscitadas no âmbito da gestão de qualidade, na indústria 4.0. Delimitaram-se como objetivos específicos: abordar a evolução da Indústria 4.0 (I4.0), verificar os benefícios obtidos com a certificação ISO 9001; destacar os efeitos que a indústria 4.0 produz nos processos produtivos.

Baseado na literatura atual sobre a gestão da qualidade na Indústria 4.0, hipostenizamos que a certificação ISO 9001 desempenha um papel significativo no aprimoramento da gestão da qualidade. Esperamos que as organizações certificadas pela ISO 9001 tenham processos mais eficientes e controlados, promovendo a padronização e documentação adequada dos fluxos de trabalho.

Além disso, acreditamos que a certificação ISO 9001 incentiva a melhoria contínua, levando as empresas a adotar práticas mais eficazes para atender aos requisitos de qualidade. Assim, esperamos que a certificação ISO 9001 seja um facilitador para a gestão da qualidade na Indústria 4.0, contribuindo para a melhoria dos processos produtivos e o alcance de padrões mais elevados de qualidade.

Posto isso, este estudo se justifica em função da relevância da Indústria 4.0 na gestão da qualidade, inclusive no setor industrial, onde há uma busca constante pela redução dos custos de produção e do desperdício, visando uma maior produtividade e lucratividade.

Ao finalizar o artigo, espera-se obter respostas e conclusões que possam contribuir para o avanço do conhecimento no campo da gestão da qualidade na era da Indústria 4.0. A trilha da produção será direcionada para ações e estratégias que possam fortalecer a importância da gestão da qualidade nesse contexto, visando otimizar os processos produtivos e garantir a satisfação do cliente.

Por meio da análise das hipóteses apresentadas, a expectativa é que seja possível comprovar a influência positiva da certificação ISO 9001 na gestão da qualidade na Indústria 4.0. Caso as conclusões confirmem essa hipótese, será recomendado que as organizações busquem a certificação ISO 9001 como uma ferramenta essencial para melhorar seus processos e alcançar um alto nível de qualidade, considerando as demandas e transformações da Indústria 4.0.

Além disso, espera-se obter evidências de que a adoção de tecnologias da Indústria 4.0, como a Internet das Coisas e a análise de big data, resulta em uma manutenção preditiva mais precisa e eficiente. Comprovando essa hipótese, será recomendado que as empresas invistam em tecnologias avançadas para otimizar seus processos de manutenção, visando redução de custos, aumento da disponibilidade dos equipamentos e maior eficiência operacional.

As respostas e conclusões obtidas ao finalizar o artigo servirão como base para ações práticas e direcionadas no âmbito da gestão da qualidade na Indústria 4.0. Os resultados poderão fornecer insights para a elaboração de estratégias de implementação de sistemas de gestão da qualidade, considerando as características e desafios dessa nova era industrial.

Além disso, as conclusões podem guiar a identificação de oportunidades de melhoria e a definição de práticas mais eficazes para otimizar os processos produtivos, promovendo a excelência operacional e a competitividade das organizações na Indústria 4.0.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

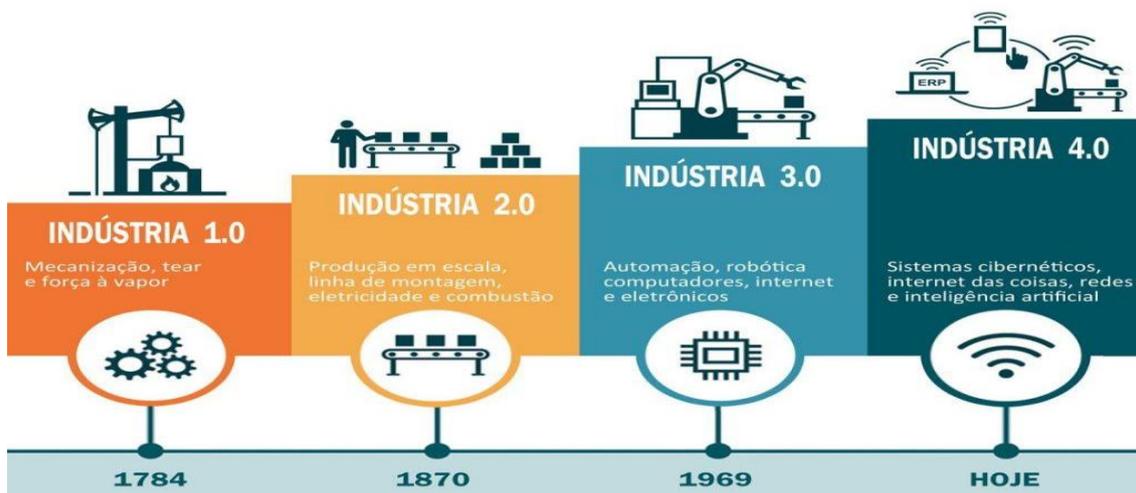
2.1 Breves considerações sobre a Indústria 4.0

A utilização da automação na indústria 4.0 vem crescendo significativamente, na última década. Embora, o conceito de indústria remonta ao final do século XVIII, com a primeira revolução industrial (Indústria 1.0), caracterizada pela introdução de sistemas mecânicos de manufatura, utilizando água e energia a vapor. Quase um século depois, em 1870, a eletrificação e a divisão do trabalho levaram a uma segunda revolução industrial (Indústria 2.0), evidenciada pela produção em massa e linhas de montagem que utilizavam energia elétrica (Lorenz *et al.*, 2016).

Na sequência, a necessidade de aumentar a eficiência do processo de produção levou à terceira revolução industrial (Indústria 3.0) que foi moldada pela introdução de sistemas eletrônicos e TIC para automação que representa a base de todas as mudanças no paradigma de produção (Collabo, 2019). Os desenvolvimentos contínuos das TIC também levaram à introdução do CPS, o núcleo da revolução

industrial mais recente e atual (Indústria 4.0), conforme demonstrado na figura 01 abaixo:

Figura 01: Estágios das Revoluções Industriais.



Fonte: Collabo (2019)

A Quarta Revolução Industrial surgiu com o uso de sistemas ciber físicos (CPSs), Internet das Coisas (IOT) e serviços. A compreensão da indústria 4.0 inclui fábricas inteligentes, sistemas ciber físicos, auto-organização, novos sistemas de distribuição e aquisição, novos sistemas de desenvolvimento de produtos e serviços, adaptação às necessidades humanas e responsabilidade social corporativa (Srinivasan & Kurey, 2016).

De acordo com Collabo (3029), encontra-se pautada em seis princípios, que auxiliam, identificam usos potenciais e fornecem um guia para a implementação deste conceito: interoperabilidade, descentralização que visa habilitar máquinas com capacidade de tomada de decisão, a partir da interpretação dos dados coletados, em tempo real. Por fim, a modularidade se destaca pela facilidade de acoplamento e desacoplamento dos módulos de produção, atendendo à demanda e aos pedidos atuais. Não é de surpreender que nem todos os autores concordem com tais princípios (Gomes *et al.*, 2018).

Com a utilização da indústria 4.0, que visa alcançar a automação de processos, digitalização e informatização usando dados instantâneos, a visão da indústria torna-se focada no aumento da produtividade, alta capacidade de personalização do produto, alertas e intervenções em tempo real, modelos de serviço

inovadores, melhoria dinâmica do produto e, em última instância, novos modelos de negócios. A integração de todos esses fatores se traduz em uma fábrica inteligente, objeto central desta nova era industrial (Cunha, 2020).

2.2 Evolução dos padrões de qualidade

Existem diferentes concepções acerca do termo qualidade, ressaltamos a relevância da participação dos clientes em suas definições. Para Juran (1991 *apud* Schwab, 2016), a qualidade constitui-se das propriedades dos produtos frente às necessidades dos clientes propiciando a sua satisfação e, também, a ausência de falhas. Além disso, a qualidade pode, também, ser definida pelo autor, como a adequação ao uso, ou seja, aceitação de um produto ou serviço.

Corroborando com esta definição, Ribeiro *et al.*, (2016, p. 52) afirma que “[...] qualidade é a consistente conformidade com as expectativas dos consumidores”. Esse conceito fortalece a ideia de que os clientes são responsáveis por definir a qualidade desejável, tendo em vista que cada um tem sua própria percepção em relação aos produtos e serviços. Neste sentido, as organizações devem estar atentas para as especificidades de cada consumidor, buscando conhecê-lo, para que possa atender com maestria as suas exigências (Machado *et al.*, 2017).

Garvin (1995 *apud* Paladini, 2018), aborda a qualidade sob o olhar de cinco abordagens: Transcendental, Baseada no Produto, Baseada no Usuário, baseada na Produção e Baseada no Valor. A partir da definição transcendental, todos têm um conceito de qualidade, isto é, de alguma forma as pessoas sabem o que é qualidade e este saber é desenvolvido principalmente a partir das experiências.

Já a qualidade baseada no produto se restringe às características físicas e a quantidade de atributos dos mesmos, quanto mais atributos, maior será a qualidade do produto. Na abordagem baseada no usuário, a qualidade fundamenta-se na satisfação das necessidades dos consumidores, enquanto que no conceito baseado na produção, qualidade é a conformidade com as especificações. Por fim, o conceito de qualidade baseado no valor está ligado ao preço, isto é, um produto tem qualidade se possui um desempenho esperado a um preço razoável (Gazziero & Cecconello, 2019).

A forma como Garvin aborda a definição de qualidade, separadamente, não

admitindo ou assumindo a interligação entre definições e a possibilidade de perceberem-nas em uma mesma situação, traz a possibilidade de uma interpretação de que um conceito pudesse anular o entendimento do outro. Segundo (Lima *et al.*, 2016), essa sistemática limita os conceitos e deixa de aprofundar vários aspectos da qualidade.

A percepção de Paladini (2018) considera que o conceito de qualidade envolve uma “multiplicidade de itens” e “sofre alterações conceituais ao longo do tempo, trata-se de um processo evolutivo”. Nesta perspectiva, é imprescindível identificar quais são os itens que o cliente considera mais importante para avaliar a qualidade de um produto ou serviço, em um determinado período de tempo. Além disso, deve-se considerar que as preferências dos consumidores estão em constante mudança, sendo necessário acompanhá-las com o intuito de promover as melhorias necessárias no processo para ser capaz de atendê-las (Paladini, 2018).

Ainda segundo Paladini (2018, p. 14), há um equívoco ao conceituar a qualidade como uma única característica e a definição mais adequada para o termo seria a adequação ao uso. Dessa forma, esse conceito englobaria os aspectos multiplicidade e evolução, sendo o mais completo e atenderia a orientação para o cliente, que nada mais é quem faz uso do produto ou serviço. Neste sentido, pode-se destacar uma equivalência com os autores supracitados no que se refere à conceituação da qualidade, sendo que estes concordam com o principal direcionamento é o direcionamento para o cliente (Schwab, 2016).

Acerca do seu conceito, Coelho (2016) afirma que a qualidade é um fator importante para que as organizações conquistem a liderança no mercado em que atua, constituindo um elo entre os clientes e a empresa. Este elo é fortalecido quando a empresa demonstra sua capacidade de fornecer produtos de qualidade e conforme as exigências dos clientes, através da melhoria contínua (Lima *et al.*, 2016).

Numa perspectiva mais ampla, (Rodrigues *et al.*, 2020) discutem o conceito de qualidade, sob o aspecto da fidelização, quando o produto ou serviço alcança a qualidade esperada pelo cliente, o mesmo fica satisfeito, torna-se fiel à empresa e a indica para outros clientes. Na ocorrência de circunstância contrária, as consequências negativas são muito mais devastadoras, acarretando a perda de clientes e a boca a boca negativo

Historicamente, Lorenz *et al.*, (2016) afirma que a evolução da qualidade pode

ser dividida em quatro fases, a saber: Inspeção, Controle Estatístico da Qualidade, Garantia da Qualidade e Gestão da Qualidade. As abordagens sobre o tema supracitado obedecem a uma ordem cronológica, à medida que vão surgindo as principais descobertas sobre o tema e novos estudos sobre o assunto.

A primeira fase da qualidade, denominada Inspeção, ainda segundo Ribeiro *et al.*, (2016) se baseava na inspeção de todos os produtos após o processo, de forma a garantir que os mesmos não chegassem aos clientes com algum tipo de defeito. Essa prática foi duramente criticada por ser considerada ineficiente, já que gerava retrabalhos e perdas, aumentando os custos da produção (Gomes *et al.*, 2018).

Apesar de estar presente nos primórdios das abordagens sobre qualidade, esse método ainda persiste nos dias atuais, pois verificou-se, com o tempo, que tal técnica, ao ser agregada às que surgiriam depois, torna a ação da indústria mais segura, sobretudo quanto a garantia da qualidade dos seus produtos.

Nesta primeira fase, foi verificada a presença de instabilidade nos processos produtivos, desconfiança quanto aos resultados, mas que existisse a preocupação em solucionar as causas dos problemas, que porventura geraram os defeitos no produto acabado (Coelho, 2016).

A partir de 1924, as empresas começaram a admitir que havia uma instabilidade no processo, a qual podia ser identificada desde as matérias-primas até as pessoas envolvidas, e que essas variações causavam problemas no produto. Surgem, assim, os primeiros indícios do Controle Estatístico do Processo (Schwab, 2016).

O controle estatístico foi importante, à medida que incluiu novos métodos para verificar qualidade dos produtos, identificando as oscilações no sistema produtivo das empresas. A partir daí, tornou-se possível localizar as falhas, facilitando a resolução dos problemas com base nas ferramentas da qualidade. Esse mecanismo, isoladamente, no entanto, não foi suficientemente assegurado como garantia da qualidade dos produtos, já que, numa organização, existem variáveis que não podem ser mensuradas estatisticamente (Lima *et al.*, 2016).

A terceira abordagem se refere à Garantia da Qualidade, baseada na prevenção, cujo princípio é a antecipação dos erros e busca da solução das suas causas. Assume-se, assim, uma postura proativa, ao invés de reativa. Na visão de Paladini (2018, p. 144), “A terceira era, a da garantia da qualidade, trouxe um sentido

mais amplo sobre a qualidade, deixando de lado a preocupação somente com o produto ou serviço final, buscando a qualidade nas fases do processo produtivo”. Neste sentido, as organizações passaram a dedicar-se ao contexto organizacional desde a concepção do produto, com a escolha dos fornecedores até o pós-venda, dando assistência aos clientes (Mazzaferro *et al.*, 2018).

Nesta etapa, as empresas buscam gerenciar a qualidade de forma estratégica, tendo a proatividade como princípio para obter vantagem competitiva frente à concorrência. Ademais, vale ressaltar que a disseminação da utilização das ferramentas da qualidade e a implementação de programas de melhoria contínua, quando visam atingir os objetivos estratégicos da organização, têm como base a satisfação total dos clientes.

Dessa forma, fica claro que, nesta fase, não basta apenas se preocupar com os processos internos de produção para atingir os objetivos. A organização deve, também, possuir uma visão sistêmica e global dos aspectos que abarcam o produto e geram valor para a empresa (Gazziero & Ceconello, 2019).

O uso atual da gestão da qualidade desempenha um papel fundamental nas organizações, independentemente do setor ou indústria. As empresas reconhecem cada vez mais a importância de garantir a excelência em seus processos, produtos e serviços para atender às demandas dos clientes e manter uma vantagem competitiva no mercado.

A gestão da qualidade é aplicada de forma abrangente, abrangendo desde a definição de padrões e diretrizes até a implementação de medidas de controle e melhoria contínua. (OAKLAND, 1994)

Uma das abordagens mais comuns na gestão da qualidade é a adoção de sistemas de gestão baseados em normas internacionais, como a ISO 9001. Esses sistemas fornecem uma estrutura sólida para a implementação de práticas de gestão da qualidade, incluindo a definição de processos, a documentação adequada e o monitoramento constante para garantir a conformidade com os requisitos estabelecidos.

Além disso, a gestão da qualidade envolve a aplicação de ferramentas e técnicas, como a análise de causa raiz, a gestão de riscos e a melhoria contínua,

visando identificar e resolver problemas, otimizar os processos e impulsionar a eficiência operacional. (OAKLAND, 1994)

2.3 Certificação da Norma ISO 9001 para os padrões de qualidade

A evolução da qualidade para uma visão sistêmica, contribuiu para que as empresas percebessem a necessidade de empregar em suas atividades documentos que contenham normas técnicas, especificações e regulamentos. Neste sentido, Paladini (2018) trazem que as normas são documentos estabelecidos de comum acordo e legitimados por uma entidade reconhecida que dispõe, para o uso de todos, diretrizes para a realização de determinadas atividades (Lorenz *et al.*, 2016).

Busca-se, através delas, atingir uma melhor sistemática de atuação e promovendo a padronização em um dado contexto ou realidade. A seguir, será apresentada a Norma ISO e seus aspectos históricos, com ênfase na série ISO 9000, que trata, especificamente, do sistema de gestão da qualidade, no qual serão destacadas as principais barreiras enfrentadas pelas organizações para atender aos seus requisitos (Mazzaferro *et al.*, 2018).

A ISO 9001 é uma norma que visa o alcance de processos mais eficazes e a satisfação dos clientes, sendo um padrão certificável, isto é, o reconhecimento que uma série de requisitos é cumprido pela empresa. Tal padrão, teoricamente, pode ser aplicado a qualquer organização de diferentes portes e ramos de atuação. Esta norma apresenta os requisitos básicos para um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), estando sob responsabilidade da *International Organization for Standardization*, bem como as demais da série ISO 9000. Dessa forma, a norma delimita requisitos para que as organizações possam padronizar seus processos em que cada empresa irá encontrar as próprias maneiras para atendê-los (Mazzaferro *et al.*, 2018).

No que tange a predita norma, o controle baseado em indicadores, o treinamento dos colaboradores e a melhoria contínua dos processos contribuirá para o alcance da eficácia nestes processos e a satisfação dos clientes. No que se refere aos indicadores, trata-se de evidências de como está sendo desenvolvido o sistema de gestão da qualidade e identificar falhas no atendimento aos requisitos. Nesta perspectiva, necessita-se de pessoas capacitadas, que consigam executar suas atividades de forma padronizada para atuarem na empresa, contribuindo com este sistema. Ante o exposto, surge a melhoria contínua como fator importante para a

empresa que deseja manter o SGQ atuante, garantido a sua certificação (Rodrigues *et al.*, 2020).

Neste sentido, as empresas devem adequar os seus processos à norma, de forma que consigam atender seus requisitos e obter a certificação de qualidade. No entanto, estas organizações estão livres para desenvolver os próprios métodos e escolher as ferramentas de controle que melhor se adaptam à sua realidade. Desde que alcancem os objetivos pretendidos com o sistema de gestão da qualidade, garantindo a excelência do produto ou serviço, por meio das melhorias nos processos (Schwab, 2016).

No que tange o conceito da ISO 9001, Krupper *et al.*, (2017, p.215) vai dizer que “As normas da família ISO 9000 são referenciais para a implementação de SGQ, orientando as organizações nas boas práticas da qualidade”. Com essa visão, nota-se que o foco da norma é o cliente e o respeito pelas suas especificações, desenvolvendo suas atividades de maneira que haja uma redução dos defeitos e, conseqüentemente, redução de custos com retrabalhos.

A ISO 9001 é sustentada pelo ciclo PDCA ((*Plan* - Planejar; *Do* - Fazer; *Check*- Checar; *Act*- Agir), que tem o objetivo de percorrer todas as etapas necessárias para alcançar a melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade (Coelho, 2016). Quanto às motivações para as empresas implementarem a certificação ISO 9001, estas se devem, essencialmente, por exigências dos clientes.

Segundo estudo realizado por Ribeiro *et al.*, (2016), até o ano de 2005, a principal motivação para as empresas adquirirem a certificação ISO 9001 era a obtenção de vantagem competitiva. Verificou-se, também, que as principais motivações para as empresas buscarem a certificação foram: os clientes cada vez mais exigentes, a melhoria interna nos processos e a redução de custos.

Apesar da implantação da ISO 9001 trazer benefícios para as organizações, a certificação não se traduz em garantia de qualidade, mas sim, consistência de procedimentos para garantir o seu controle (Srinivasan & Kurey, 2016).

Uma pesquisa realizada no Brasil por Lima *et al.*, (2016) mostra que o reconhecimento internacional, a atualização do sistema de qualidade já existente, a decisão de cúpula no âmbito da corporação e as exigências contratuais são as principais motivações das empresas estudadas. Além disso, os 43 resultados de tais motivações vão depender do comprometimento da alta gestão e de todos os

envolvidos no SQG, bem como dos recursos disponíveis que servirão de apoio para manter a certificação (Lima *et al.*, 2016).

Em suma, de acordo com a ISO 9001:2015, o principal benefício é a capacidade de atender o cliente e satisfazê-lo através da melhoria contínua, demonstrando a conformidade com os requisitos do cliente, da empresa e legal. Nota-se que, em alguns casos, empresas possuem a certificação apenas para colocá-la num quadro para ser exibida a quem lhe exija tal documento (Sacomeno *et al.*, 2018). Porém, como pode-se verificar, este não é o objetivo em adquirir o certificado de qualidade ISO 9001 e o cliente espera que tal certificação se concretize em eficiência nos processos, qualidade nos produtos e serviços e experiências inovadoras que façam com que lembre da empresa com satisfação (Oian, 2018).

3 MÉTODO DE PESQUISA ADOTADO

Por se tratar de um estudo de abordagem metodológica quantitativa descritiva, a presente pesquisa foi desenvolvida através da realização de uma revisão integrativa da literatura. Esta metodologia é baseada em estudos de Gil (2016).

A estratégia de busca foi baseada em artigos indexados nas bases de dados eletrônicas Scielo, Capes e Google acadêmico. No levantamento foram utilizados os seguintes termos de busca: empresas; gestão da qualidade; indústria 4.0 e tecnologias.

Para o alcance do objetivo proposto foram realizadas as seguintes etapas percorridas: (1) identificação do problema ou da temática; (2) definição da dimensão da amostragem; (3) categorização dos estudos; (4) definição das informações a serem extraídas dos trabalhos revisados; (5) análise e discussão a respeito das tecnologias utilizadas/desenvolvidas; (6) síntese do conhecimento evidenciado nos artigos analisados ou apresentação da revisão integrativa.

Os critérios de inclusão adotados pelo presente estudo foram: a publicação possuir como temática relacionada à gestão da qualidade e indústria 4.0, estar disponível eletrônica e gratuitamente na íntegra, ser classificado como artigo original: estar divulgado em inglês e português; com ano de publicação de 2016 a 2022 e publicações completas com resumos disponíveis e indexados na base de dados

supracitadas. Foram excluídos: teses e/ou dissertações, estudos pilotos, os que possuem duplicatas ou que tivessem uma abordagem diferente do tema proposto.

4 GESTÃO DA QUALIDADE NA INDÚSTRIA 4.0

A indústria 4.0 marcou significativamente todo o setor, com a digitalização aprimorada e pela maior conectividade de tecnologias inteligentes, muito além do que as ciências da vida (Rodrigues *et al.*, 2016). Tecnologias mais inteligentes e conectadas estão revolucionando a forma como os dispositivos médicos e produtos farmacêuticos são acompanhados, fabricados e usados.

Na evolução contínua da Indústria 4.0, a gestão da qualidade está desempenhando um papel cada vez mais vital para as empresas de todo o setor. A fusão de novas tecnologias e recursos com métodos tradicionais de gerenciamento de qualidade está culminando em uma nova abordagem de Qualidade 4.0 que está mudando fundamentalmente os sistemas de gerenciamento de qualidade (Coelho, 2016).

Com o desenvolvimento de dispositivos inteligentes, sistemas de manutenção altamente inteligentes tornaram-se um foco. À medida que a tecnologia da informação e comunicação (TIC) converge e evolui com os campos industriais, grandes mudanças estão ocorrendo no campo da gestão de operações (Srinivasan & Kurey, 2016).

Na gestão da qualidade, a manutenção “preditiva” é diferente de manutenção “preventiva”. Enquanto a manutenção preventiva se concentra na identificação e prevenção de problemas que podem ocorrer no futuro, a manutenção preditiva se concentra na redução de custos e prevenção de falhas, identificando exatamente quando as peças de um produto são susceptíveis de causar problemas, permitindo a substituição ou reparo no momento certo (Schwab, 2016).

No passado, os serviços de recuperação eram executados após a paralisação de uma máquina em um local de trabalho. Com as ferramentas avançadas de informação e comunicação, como dispositivos inteligentes, agora é possível que trabalhadores qualificados realizem serviços de manutenção regular, como substituição de peças ou equipamentos, no momento ideal (Lima *et al.*, 2016).

Além disso, embora tenha havido ênfase na otimização dos processos de produção, a Indústria 4.0 busca a otimização para cada produto individual. Uma vez que a otimização requer zero defeito, o controle de qualidade é necessário para atingir

esse objetivo. Assim, as técnicas de controle de qualidade são alteradas. Por exemplo, big data coletados de vários sensores de IoT (*Internet of Things*) incorporados em componentes podem suportar produção inteligente, fornecimento e entrega para manutenção preditiva em tempo real (Machado *et al.*, 2017).

A expansão de dispositivos inteligentes com recursos de auto diagnóstico e previsão de falha ajudará a reduzir falhas e custos operacionais, otimizar estoques, melhorar o acesso à manutenção, reduzir a necessidade de manter estoque sobressalente para fins de segurança e melhorar o tempo de substituição.

A Indústria 4.0 precisa responder agressivamente com uma série de soluções que abrangem segurança, qualidade, valor e custo para atender às necessidades do usuário final para estratégias de manutenção preditiva proativa (Neifer, 2019). As características percebidas anteriormente no sistema de Gestão da Qualidade passam a ser incorporadas a esse novo modelo de funcionamento da indústria.

Os sistemas de manufatura inteligentes na Indústria 4.0 podem prever URL de equipamentos e sistemas mecânicos, o que pode prevenir acidentes ou falhas em áreas de difícil acesso para os operadores e permitir uma resposta mais rápida, evitando assim o tempo de inatividade causado por falhas.

Eles também podem diminuir o custo de manutenção por meio da substituição de componentes, reduzindo o custo de oportunidade de perdas devido ao tempo de inatividade durante o período. Consequentemente, a gestão da qualidade será remodelada na forma de gestão de manutenção preditiva, expandindo o escopo das tecnologias aplicadas a várias áreas, como produção, manutenção e gestão pós-venda (Rodrigues *et al.*, 2016).

A gestão da qualidade na Indústria 4.0 é impulsionada pela capacidade de monitorar e controlar os processos produtivos em tempo real. Com o uso de sensores conectados à Internet das Coisas (IoT), as organizações podem coletar dados precisos sobre as condições de produção, como temperatura, pressão, umidade, entre outros.

Os dados são analisados em tempo real por meio de análise de big data e algoritmos avançados, permitindo identificar variações e desvios que possam afetar a qualidade do produto. Com esse monitoramento contínuo, é possível realizar ajustes imediatos e implementar ações corretivas, garantindo a conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos. (SACOMANO *et al.*, 2018)

Ela também envolve uma maior integração e colaboração com fornecedores ao longo da cadeia de suprimentos. Através de plataformas digitais e sistemas compartilhados, as empresas podem trocar informações e dados em tempo real com seus fornecedores, incluindo especificações de qualidade, requisitos técnicos e feedback sobre o desempenho dos materiais e componentes fornecidos. Essa colaboração permite um controle mais efetivo da qualidade dos insumos e materiais utilizados na produção, reduzindo os riscos de falhas e garantindo a entrega de produtos de qualidade aos clientes. Além disso, a integração da cadeia de suprimentos facilita a rastreabilidade dos materiais, permitindo identificar a origem e o histórico de cada componente, o que é essencial para garantir a qualidade e a conformidade com as regulamentações. (SACOMANO et al., 2018)

Muitos exemplos recentes de IA, sensores inteligentes, robôs inteligentes e outros tipos de gerenciamento de manutenção inteligente podem ser encontrados nas empresas hoje. Na seção a seguir, buscamos abordagens de gerenciamento de qualidade preditivas por meio de análises de casos de qualidade 4.0 em empresas de manufatura e serviços, o que ajuda a desenvolver um novo modelo de negócios digital por meio da *smartization* de materiais, peças e equipamentos nas fábricas (Srinivasan & Kurey, 2016).

Para manter e melhorar continuamente a qualidade dos produtos, dados em tempo real devem ser coletados e analisados, e o diagnóstico deve ser realizado por meio de IA. Portanto, o uso de análise de big data, IA e construção de plataforma é necessário (De Oliveira *et al.*, 2020).

Na Tabela 2, são apresentados os objetivos do gerenciamento da qualidade por meio da indústria 4.0, que podem ser alcançados, estabelecendo requisitos básicos e processos operacionais.

Tabela 01: Processo de gestão da qualidade na indústria 4.0

Requerimentos técnicos	Processo operacional	Objetivos de realização
Análise de big data, IA, construção de plataforma, aprendizado profundo, sensor inteligente, ICT, robôs	Análise de dados em tempo real, analista especialista, aprendizado profundo (aprendizado de máquina), implantação de dados, IA	Aumentando a produtividade, minimizando os custos de manutenção, melhorando a qualidade do produto, aumentando a confiabilidade, melhorando a receita

Fonte: Neifer (2019).

Segundo as informações contidas na tabela acima, os requisitos básicos para alcançar um ecossistema de gerenciamento de qualidade vivo incluem uma estratégia de gerenciamento de manutenção preditiva por meio de grandes bancos de dados e análise de dados, simulações em tempo real e implantação de plataforma.

A convergência e integração de tecnologias inovadoras levaram ao desenvolvimento da IoT, tecnologia digital, big data, computação em nuvem, impressão 3D, sensores inteligentes, ICT e robôs, que estão gradualmente estabelecendo um mundo que pode ser realizado no futuro (Neifer, 2019).

No entanto, é importante observar que, embora a Qualidade 4.0 possa ser impulsionada pela tecnologia, a verdadeira transformação acontece na cultura de liderança e nos processos de qualidade. A qualidade 4.0 é uma melhoria nos métodos de qualidade anteriores, em vez de construir um a partir do zero (De Souza *et al.*, 2020).

A qualidade 4.0 é uma abordagem inovadora que se integra à Indústria 4.0, trazendo consigo avanços significativos no campo da gestão da qualidade. Incorporando tecnologias avançadas como a Internet das Coisas (IoT), análise de dados em tempo real e aprendizado de máquina, a qualidade 4.0 permite uma transformação completa dos processos de produção e da gestão da qualidade. (SACOMANO, 2018)

Uma das principais características da qualidade 4.0 é o monitoramento e controle em tempo real. Através do uso de sensores conectados, é possível coletar dados precisos sobre as variáveis críticas dos processos, como temperatura, pressão e qualidade das matérias-primas. Esses dados são processados e analisados em tempo real, permitindo uma visão detalhada e abrangente das operações industriais.

Com essa capacidade de monitoramento em tempo real, é possível identificar desvios e anomalias imediatamente, possibilitando a tomada de medidas corretivas de forma ágil e eficiente. Dessa forma, a qualidade 4.0 contribui para a redução de falhas e a melhoria da qualidade dos produtos finais. (SACOMANO, 2018)

Além do monitoramento em tempo real, a qualidade 4.0 utiliza análise de dados e aprendizado de máquina para obter insights valiosos sobre os processos de produção. Os algoritmos de aprendizado de máquina são capazes de analisar grandes conjuntos de dados históricos e em tempo real, identificando padrões, tendências e

relações complexas. Com base nesses insights, as organizações podem otimizar seus processos, identificar oportunidades de melhoria e tomar decisões embasadas em dados para aprimorar a qualidade dos produtos.

A qualidade 4.0 também permite a implementação de sistemas de controle adaptativo, em que os processos são ajustados automaticamente para garantir a conformidade com os requisitos de qualidade estabelecidos. Essa abordagem inteligente da gestão da qualidade contribui para a maximização da eficiência e a minimização dos desperdícios nos processos produtivos. (SOUZA, 2020)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da competitividade e das influências da economia globalizada, a gestão da qualidade tornou-se um fator essencial para a sobrevivência e o sucesso das organizações no mundo dos negócios. Em um cenário em constante mudança e exigências do mercado, as empresas precisam se preparar e se desenvolver para se adaptarem e atenderem às demandas crescentes por conhecimento, tecnologia, profissionalização e satisfação dos clientes. Uma gestão qualificada e bem elaborada é fundamental para garantir um bom desenvolvimento organizacional e alcançar resultados positivos.

No contexto do mundo digital, a Indústria 4.0 está redefinindo o cenário dos negócios tradicionais. As tecnologias avançadas impulsionaram as organizações a realizarem mudanças em seus modelos operacionais, visando alcançar sustentabilidade e crescimento estratégico. Para se manterem competitivas no mundo atual, as empresas devem estar dispostas a se adaptar constantemente e sustentar seu domínio no mercado por meio do uso eficiente e estratégico das tecnologias.

Os objetivos delineados nesta pesquisa foram alcançados com sucesso, uma vez que a filosofia de gerenciamento de qualidade da Indústria 4.0 prepara as organizações para o futuro, fornecendo ferramentas avançadas, conectadas e específicas que auxiliam na condução de processos de qualidade com maior eficiência e visibilidade, possibilitando o alcance de metas e resultados positivos a longo prazo.

A gestão da qualidade, em conjunto com a incorporação do modelo da Indústria 4.0, impulsiona a qualidade da tecnologia utilizada nas empresas e nos processos. Isso garante a rastreabilidade, o controle e a sustentabilidade da qualidade em todos os processos, possibilitando uma melhor gestão dos recursos e uma produção mais eficiente e livre de defeitos.

Apesar das contribuições deste estudo, é importante destacar algumas limitações encontradas, como a escassez de estudos bibliográficos sobre o assunto e a necessidade de mais pesquisas baseadas em dados empíricos. Ainda existem lacunas a serem preenchidas para compreender completamente as relações entre a gestão da qualidade e a Indústria 4.0, oferecendo uma base sólida para o desenvolvimento e aprimoramento contínuo das práticas de gestão da qualidade na era digital.

A incorporação das características da gestão da qualidade na Indústria 4.0 representa um diferencial crucial para as organizações nos dias de hoje. Através do uso inteligente de tecnologias avançadas e da adoção de uma abordagem estratégica e integrada da qualidade, as empresas podem melhorar seus processos, garantir a satisfação dos clientes, sustentar sua competitividade e alcançar resultados positivos em um cenário empresarial cada vez mais dinâmico e desafiador. É fundamental que as organizações estejam dispostas a abraçar essa transformação e buscar constantemente a excelência na gestão da qualidade para se destacarem no mercado.

A implantação da gestão da qualidade nas empresas é um passo fundamental para garantir a excelência operacional e a competitividade no mercado atual. Por meio de um sistema eficaz de gestão da qualidade, as organizações são capazes de estabelecer processos sólidos, padronizados e orientados para a melhoria contínua, resultando em produtos e serviços de alta qualidade.

Um dos principais benefícios da implantação da gestão da qualidade é a capacidade de atender e superar as expectativas dos clientes. Ao adotar práticas de gestão que priorizam a qualidade em todas as etapas do processo, as empresas podem oferecer produtos e serviços que atendam aos requisitos e demandas dos clientes, aumentando sua satisfação e fidelidade. Isso contribui para a construção de

uma reputação sólida no mercado e para o estabelecimento de relações duradouras com os clientes.

Além disso, a implantação da gestão da qualidade promove uma cultura organizacional voltada para a excelência. Ao enfatizar a importância da qualidade em todos os níveis da empresa, desde a alta administração até os colaboradores de linha de frente, cria-se um ambiente propício para a busca constante por melhorias. Os processos são analisados e otimizados, os erros são identificados e corrigidos, e os colaboradores são capacitados e engajados na busca pela qualidade em todas as suas atividades. Isso resulta em maior eficiência, redução de desperdícios e aumento da produtividade.

Outro aspecto relevante da implantação da gestão da qualidade é a redução de custos operacionais. Ao identificar e eliminar falhas, retrabalhos e desperdícios nos processos, as empresas são capazes de reduzir seus custos de produção, aumentando sua eficiência e competitividade. A gestão da qualidade também contribui para a prevenção de problemas e falhas, evitando gastos com recalls de produtos, reparos ou devoluções, o que resulta em economia financeira significativa.

Além disso, a implantação da gestão da qualidade proporciona uma base sólida para a tomada de decisões embasadas em dados e informações confiáveis. Ao coletar e analisar dados relacionados à qualidade dos produtos, processos e desempenho organizacional, as empresas têm acesso a insights valiosos que auxiliam na identificação de oportunidades de melhoria e na definição de estratégias eficazes. Isso permite uma gestão mais assertiva, baseada em fatos e informações concretas, aumentando as chances de sucesso nos negócios.

Por fim, a implantação da gestão da qualidade promove uma vantagem competitiva sustentável para as empresas. Em um mercado cada vez mais exigente e concorrido, a qualidade se tornou um fator determinante na escolha dos consumidores. As empresas que conseguem entregar produtos e serviços de alta qualidade de forma consistente têm maior probabilidade de se destacar e conquistar a preferência dos clientes. A gestão da qualidade, quando adequadamente implementada e integrada às estratégias organizacionais, permite que as empresas se diferenciam da concorrência, ganhando uma posição privilegiada no mercado.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Coelho, P. M. (2016). *Rumo à indústria 4.0*. 2016. 65 f (Doctoral dissertation, Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) –Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra).

Collabo. *A Indústria 4.0 e a revolução digital*. Disponível em: <<https://alvarovelho.net/attachments/article/114/ebook-a-industria-4.0-e-a-revolucaodigital.pdf>>.

Cunha, P. (2020). Análise da implementação da indústria 4.0 nas gestões de qualidade e de conhecimento. *Boletim do Gerenciamento*, 16(16), 40-48.

De Oliveira, M., Neto, P. L. D. O. C., O.C. Santos, O. S. Cardoso Jr, A. P., & Sacomano, J. B. (2020). A evolução da qualidade na indústria 4.0. *Research, Society and Development*, 9(10), 39-45.

De Souza, G., Fernandes, J. C. L., Melo, V., & Brito Sanchez, R. (2020). Internet das Coisas (IoT): Monitoramento remota de sinais biomédicos. *Caleidoscópio*, 12(1), 23-27.

Garvin, D. A. (1995). *Gerenciando a qualidade: visão estratégica e competitiva*, Rio de Janeiro: Qualitymark.

Gaziero, C., & Ceconello, I. (2019). Simulação Computacional do Fluxo de Valor: uma proposta de Integração da Indústria 4.0 e Lean Production. *Scientia cum Industria*, 7(2), 52-67.

Gil, A.C (2016). *Como elaborar projetos de pesquisa*, São Paulo: Atlas.

Gomes, G. P., Pires, E.M., Santos, W. P., & Campos, P. S. (2018). Indústria 4.0: um novo conceito de gerenciamento nas indústrias. *Revista Científica Semana Acadêmica*. 14(3), 107-112.

Küpper, D., Knizek, C., Ryeson, D., & Noecker, J. (2019). Quality 4.0 takes more than technology. *Boston Consulting Group (BCG)*, 14(1): 59-77.

Lima, M. R., Mendes, M. R., & Paulista, P. H. (2016). Kanban, o sistema japonês que se globalizou. *Revista Científic@ Universitas*, 3(2):279-302.

Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2016). Indústria 4.0: O futuro da produtividade e crescimento nas indústrias de manufatura. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.

Machado, J. D., Silva, F., Poletti, L. H., & Cornelius, R. A. (2017). O futuro da gestão da qualidade para a indústria 4.0. *Research, Society and Development*, 22(5), 13-27.

Mazzaferro, J. A. E. (2018) Indústria 4.0 e a Qualidade da Informação. *Soldagem & Inspeção*. 23(1), 1-2.

Neifer, F. *O que é a Qualidade 4.0 e como isso irá transformar as empresas*. 2019. Disponível em: <https://www.qmsbrasil.com.br/blog/o-que-e-qualidade-4-0-e-como-isso-ira-transformar-empresas/>. Acesso em 14 abr.2023.

Oakland, J. (1994). *Gerenciamento da qualidade total*. NBL Editora.

Oian, C. A. *Mapeamento da interface entre os eixos da Qualidade 4.0 com os Princípios, Ferramentas e Técnicas da Indústria 4.0*. Limeira, 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e de Manufatura) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

Paladini, E. (2018) *Gestão da qualidade: teoria e prática*. São Paulo: Atlas.

Ribeiro, L. F., Cardoso, v., Jesus, R. A., & Schützer, K. (2016). Industrie 4.0: Uma revisão da literatura. *Revista de Ciência & Tecnologia*, 19(38), 33-45.

Rodrigues, J. E., Vitoriano, S. R., Fernandes, J. C. L., & de Brito Sanchez, R. (2020). Indústria 4.0: implementação em uma indústria de rodas. *Revista ENIAC Pesquisa*, 9(1), 4-14.

Sacomano, J. B., Prates, L.X., Bonilla, S. H. Gonçalves, R. F., et al. (2018). *Indústria 4.0: conceitos e fundamentos*. São Paulo: Blucher.

Schwab, K. (2016) *A quarta revolução industrial*. São Paulo: Edipro.

Souza, F. F. D. (2020). *Big data analytics como ferramenta de adaptação do total quality management na indústria 4.0, aplicado a uma empresa multinacional do ramo automobilístico* (Master's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná).

Srinivasan, A., & Kurey, B. (2016). Creating a culture of quality. *Harvard business review*, 92(4), 23-25.