

**ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL DOM BOSCO
FACULDADE DE ENGENHARIA DE RESENDE
CURSO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**JOÃO VICTOR CARNEIRO DE OLIVEIRA
THIAGO DE SOUZA PEREIRA**

**INDÚSTRIA 5.0: uma revisão bibliográfica sobre ferramentas da qualidade
impulsionadas pelo avanço da tecnologia na indústria**

**RESENDE
2024**

JOÃO VICTOR CARNEIRO DE OLIVEIRA
THIAGO DE SOUZA PEREIRA

**INDÚSTRIA 5.0: uma revisão bibliográfica sobre ferramentas da qualidade
impulsionadas pelo avanço da tecnologia na indústria**

Trabalho de Graduação apresentado à
Associação Educacional Dom Bosco,
Faculdade de Engenharia de Resende, Curso de
Engenharia de Produção como requisito parcial
para obtenção do diploma de Bacharel em
Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. Cassio Castilho de Oliveira Faria

RESENDE
2024

Catálogo na fonte
Biblioteca Central da Associação Educacional Dom Bosco – Resende-RJ

- O48 Oliveira, João Victor Carneiro de
Indústria 5.0: uma revisão bibliográfica sobre ferramentas da qualidade impulsionadas pelo avanço da tecnologia na indústria / João Victor Carneiro de Oliveira; Thiago de Souza Pereira - 2024.
41f.
- Orientador: Cassio Castilho de Oliveira Faria
Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à finalização do curso de Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia de Resende da Associação Educacional Dom Bosco.
1. Engenharia de produção. 2. Indústria 5.0. 3. Tecnologia. 4. Ferramentas de qualidade. I. Pereira, Thiago de Souza. II. Faria, Cássio Castilho de Oliveira. III. Faculdade de Engenharia de Resende. IV. Associação Educacional Dom Bosco. V. Título.

CDU 658.56(043)

JOÃO VICTOR CARNEIRO DE OLIVEIRA
THIAGO DE SOUZA PEREIRA

**INDÚSTRIA 5.0: Uma revisão bibliográfica sobre a aplicação das ferramentas da
qualidade nas indústrias**

Trabalho de Graduação apresentado à
Associação Educacional Dom Bosco,
Faculdade de Engenharia de Resende, Curso de
Engenharia de Produção como requisito parcial
para obtenção do diploma de Bacharel em
Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Cássio Castilho Oliveira de Faria
Faculdade de Engenharia de Resende
Orientador

Prof. Dr. Nilson Rodrigues
Faculdade de Engenharia de Resende
Membro Externo

Professora Me. Ana Paula Pereira Maiato Nascimento
Membro Externo

Resende, 06 de novembro de 2024.

Nós autores deste trabalho dedicamos de modo especial, à nossa família.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho. Primeiramente, agradeço a Deus pela força e perseverança ao longo desta jornada acadêmica. À minha família, pelo apoio incondicional e pelas palavras de incentivo nos momentos mais desafiadores, sem os quais este sonho não teria se tornado realidade. Aos meus amigos, que souberam compreender as ausências e sempre me encorajaram a seguir em frente.

Agradeço também aos meus orientadores e professores, cujos ensinamentos e orientações foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço especialmente pela paciência, pelas sugestões valiosas e pela confiança depositada em mim durante todo o processo. Este trabalho é resultado de uma construção coletiva, e a contribuição de cada um de vocês foi fundamental para o sucesso desta etapa.

João Victor Carneiro de Oliveira

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à minha família, pelo apoio, compreensão e carinho incondicional durante toda a minha trajetória acadêmica. A vocês, dedico esta conquista, pois foram minha fonte de motivação em cada etapa deste processo. Aos meus amigos e colegas de curso, que compartilharam comigo os desafios e as conquistas dessa jornada, minha sincera gratidão.

Gostaria também de expressar meus sinceros agradecimentos ao meu orientador e aos professores que me acompanharam nesta caminhada, por todo o conhecimento transmitido, pela paciência e por cada conselho que foi determinante para o aprimoramento deste trabalho. A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste projeto, minha eterna gratidão.

Thiago de Souza Pereira.

“Só sabemos com exatidão quando sabemos pouco; à medida que vamos adquirindo conhecimento, instala-se a dúvida.”

Goethe

RESUMO

Este estudo aborda o avanço e a aplicação das ferramentas da qualidade na indústria 5.0, com foco específico nas indústrias. O objetivo principal é analisar como tecnologias emergentes, como inteligência artificial (IA), Internet das Coisas (IoT) e robótica colaborativa (*cobots*), estão sendo integradas às estratégias de qualidade nas indústrias, comparando práticas e resultados entre empresas líderes do setor. A justificativa para este estudo reside na necessidade crescente de entender como essas inovações podem ser aplicadas para otimizar processos produtivos, melhorar a qualidade dos produtos e aumentar a satisfação dos clientes, em um contexto de competitividade e sustentabilidade cada vez maiores. A metodologia adotada é uma revisão bibliográfica, utilizando dados de fontes acadêmicas para traçar um panorama sobre o assunto. Os resultados indicam que a aplicação dessas ferramentas tem proporcionado ganhos significativos na eficiência e personalização dos processos produtivos. Contudo, desafios como altos custos de implementação e a necessidade de uma força de trabalho altamente qualificada ainda persistem, criando uma desigualdade tecnológica entre empresas de diferentes tamanhos e regiões. Em conclusão, o estudo reafirma a importância de uma abordagem holística para a implementação das ferramentas da qualidade na indústria 5.0, que combine inovação tecnológica com educação e colaboração multissetorial. Este equilíbrio é essencial para garantir um avanço sustentável e equitativo, potencializando o impacto positivo dessas inovações no setor automotivo global.

Palavras-chave: Qualidade; Ferramentas da Qualidade; Revisão bibliográfica; Indústria 5.0; Tecnologia.

ABSTRACT

This study addresses the advancement and application of quality tools in Industry 5.0, with a specific focus on the industry. The main objective is to analyze how emerging technologies, such as artificial intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), and collaborative robotics (*cobots*), are being integrated into the quality strategies of industries, comparing practices and results among leading companies in the sector. The justification for this study lies in the growing need to understand how these innovations can be applied to optimize production processes, improve product quality, and increase customer satisfaction, in a context of increasing competitiveness and sustainability. The methodology adopted is a literature review, using data from academic sources to outline an overview of the subject. The results indicate that the application of these tools has provided significant gains in the efficiency and customization of production processes. However, challenges such as high implementation costs and the need for a highly qualified workforce still persist, creating a technological inequality between companies of different sizes and regions. In conclusion, the study reaffirms the importance of a holistic approach to implementing quality tools in Industry 5.0, combining technological innovation with education and multi-sector collaboration. This balance is essential to ensure sustainable and equitable progress, enhancing the positive impact of these innovations on the global automotive sector.

Keywords: Quality; Quality tools; Literature review; Industry 5.0; Technology.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Resultado da análise comparativa das indústrias.....	34
Figura 2 - Nuvem de palavras sobre tecnologias e ferramentas da qualidade.....	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Revisão bibliográfica: análise de conteúdo dos artigos selecionados.....	27
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	SITUAÇÃO PROBLEMA	14
1.2	JUSTIFICATIVA	14
1.3	RELEVÂNCIA DO TEMA	15
1.4	OBJETIVOS	15
1.5	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	16
1.6	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
2	REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1	QUALIDADE	17
2.1.1	Histórico	17
2.1.2	Ampliação do Conceito de Qualidade	19
2.2	GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL	20
2.3	A EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA E DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE	22
3	METODOLOGIA	24
3.1	CLASSIFICAÇÃO DE PESQUISA	24
3.2	METODOLOGIA DO TRABALHO	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	COMPARAÇÃO DA FERRAMENTAS ADOTADAS	34
4.2	TECNOLOGIAS IMPULSIONADORAS SOBRE AS FERRAMENTAS DA QUALIDADE	35
5	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

No atual contexto de rápidas mudanças e demandas dinâmicas do mercado, as organizações excelentes precisam ser ágeis, flexíveis e responsivas às expectativas em constante transformação de suas partes interessadas. Segundo estudos recentes, a agilidade permite que as empresas não apenas superem os desafios operacionais, mas também atinjam novos patamares de desempenho. Organizações que adotam transformações ágeis de maneira eficaz conseguem ganhos expressivos em áreas como satisfação do cliente, eficiência operacional e inovação (McKinsey, 2023).

Para isso, informações são coletadas e utilizadas para definir, implementar e revisar políticas, estratégias, objetivos, metas, medidas e planos de curto, médio e longo prazo. Além disso, as diversas informações recolhidas também ajudam as organizações a desenvolverem e alcançar um conjunto equilibrado de resultados para as partes interessadas (Zanelli *et al.*, 2004).

Organizações excelentes conhecem e entendem seus clientes, sendo conscientes que os mesmos são os árbitros finais do produto e qualidade de serviço. Ademais, elas também entendem que a lealdade, a fidelização e o mercado é maximizado por meio do foco nas necessidades e expectativas de ambos clientes: existentes e potenciais. Assim, as organizações tornam-se responsivas às necessidades dos clientes e suas expectativas, de maneira que, quando apropriado, segmentam seus clientes para melhorar a eficácia da sua resposta, monitorando a atividade concorrente e entendendo sua vantagem competitiva (Gonçalves, 2005).

Nesse sentido, as empresas antecipam as necessidades futuras dos clientes e expectativas, a fim de atender e, se possível, excedê-las. Para isso, monitoram e revisam as experiências e percepções dos clientes, de modo a verificar o que precisa ser melhorado, visando uma resposta rápida e efetiva. Então, desse modo as organizações constroem e mantêm excelentes relacionamentos com seus clientes (Gonçalves, 2005).

Para citar exemplos de organizações de excelência, vale destacar o caso do Japão, que após se recuperar dos danos sofridos com a 2ª Guerra Mundial tornou-se líder em excelência, por meio das mãos de autores como Ishikawa, Taguchi, Shigeo Shingo e outros que desenvolveram teorias, colaborando para a busca da excelência e da qualidade.

Ao analisar a busca por excelência, destaca-se o recente conceito de indústria 5.0, o qual se concentra na integração mais estreita entre humanos e máquinas, visando a colaboração harmoniosa entre ambos (Kappes, 2023).

Diferente da indústria 4.0, que focava essencialmente na automação e na conectividade através de sistemas ciberfísicos, a indústria 5.0 enfatiza a colaboração entre humanos e

máquinas inteligentes para criar processos de produção mais flexíveis e personalizados (Kappes, 2023).

Nesse contexto ressaltam-se os desafios da indústria 5.0, como por exemplo, a necessidade de adaptação das ferramentas da qualidade para lidar com sistemas cada vez mais complexos e a integração harmoniosa entre humanos e máquinas.

Destaca-se que a aplicação das ferramentas da qualidade na indústria 5.0 está enraizada nos princípios de personalização em massa, integração homem-máquina e sustentabilidade. Desse modo, entender os desafios da integração entre as ferramentas da qualidade no contexto da indústria 5.0, revela oportunidades significativas para o desenvolvimento de novas ferramentas.

Então, como lacuna inicial de investigação, observa-se os diversos desafios provenientes da relação homem-máquina, tais como a busca pela facilitação dessa colaboração, o desenvolvimento de sistemas de aprendizado contínuo adaptados com base no *feedback* humano, a criação de plataformas integradas de análise de dados que suportam decisões de qualidade em tempo real e outros avanços oriundos da indústria 5.0 que necessitam ser estudados para avaliação quanto ao alinhamento relacionado a aplicação prática das ferramentas da qualidade utilizadas por organizações de excelência.

1.1 SITUAÇÃO PROBLEMA

Diante o cenário de avanço para indústria 5.0, nota-se desafios que ainda não são devidamente esclarecidos como, por exemplo, a questão de aplicação e aderência das ferramentas da qualidade nesse novo progresso vivenciado na indústria.

Nesse contexto, questiona-se: quais são as evidências recentes disponíveis na literatura que fundamentam como as ferramentas da qualidade poderiam ser adaptadas e/ou otimizadas para atender às exigências e desafios da indústria 5.0?

1.2 JUSTIFICATIVA

A escolha deste tema está relacionada à relevância das indústrias no cenário global e ao papel que as ferramentas da qualidade desempenham na otimização de processos produtivos. Considerando a transformação das fábricas tradicionais com a chegada da indústria 5.0, caracterizada pela integração entre tecnologia e humanização dos processos, torna-se imprescindível compreender como essas ferramentas estão sendo aplicadas e como podem ser

aprimoradas nesse novo contexto. Diante disso, este estudo propõe uma análise atual das ferramentas da qualidade nas indústrias, buscando identificar a aderência aos princípios da indústria 5.0 e elaborar um quadro comparativo que destaque o avanço dessas ferramentas ao longo do tempo, indicando as mudanças significativas na era da indústria 5.0.

1.3 RELEVÂNCIA DO TEMA

Ressalta-se a relevância do tema deste estudo, visto que a indústria 5.0 é uma transformação em curso que propõe uma integração harmoniosa entre máquinas e humanos, priorizando a personalização e a eficiência, capaz de gerar competitivas vantagens para as organizações de excelência.

Nesse contexto, analisar a aderência das ferramentas da qualidade se tornam essenciais, considerando sua importância e efetividade para gerenciar processo visando a garantia da qualidade dos produtos e o alinhamento com as expectativas dos clientes.

Além disso, destaca-se que a comparação entre diferentes indústrias que permitem a identificação de boas práticas, inovações e desafios enfrentados, promovendo um conhecimento capaz de colaborar com a indústria, bem como subsidiar novas investigações necessárias para colaborar com o avanço da indústria 5.0.

Desse modo, ressalta-se a relevância acadêmica desse estudo ao contribuir com o processo de formação dos novos engenheiros, fomentando discussões nesse campo da Engenharia.

Ademais, destaca-se também a relevância profissional desse estudo ao colaborar com a prática de profissionais que atuam diretamente nesse contexto de transição da indústria 5.0.

1.4 OBJETIVOS

Dentre as finalidades deste estudo, destaca-se seu objetivo geral em analisar a literatura quanto as tecnologias e inovações a serem integradas com as ferramentas da qualidade para aplicação na indústria, à luz dos princípios e desafios da indústria 5.0, verificando a aderência e identificando oportunidades de melhoria para a aplicação de novas ferramentas.

Ademais, quanto seus objetivos específicos, estes são:

- Realizar um levantamento bibliográfico sobre como tecnologias emergentes podem impulsionar as ferramentas da qualidade na indústria 5.0;
- Elaborar um quadro comparativo que destaque o avanço das ferramentas da qualidade

ao longo do tempo, indicando as mudanças significativas na sua aplicação e eficácia na era da indústria 5.0.

1.5 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Delimita-se este trabalho a uma pesquisa bibliográfica conduzida em bases de dados de acesso livre, com destaque para os artigos de livre acesso e publicados nos últimos 10 anos, visando a análise da aplicação das ferramentas da qualidade na indústria, à luz dos princípios e desafios da indústria 5.0, identificando oportunidades de melhoria para a aplicação de novas ferramentas.

1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No Capítulo 1, são apresentadas as considerações iniciais sobre o tema do estudo a ser descrito pelo trabalho. No Capítulo 2, expõe-se a Revisão de Literatura, onde são abordados tópicos como a Qualidade e sua evolução histórica, a ampliação do conceito de qualidade, a evolução das ferramentas da qualidade, a gestão da qualidade total, e a trajetória de desenvolvimento da indústria até a era 5.0. Já no Capítulo 3, são descritos os materiais e métodos utilizados para a realização da pesquisa, detalhando a abordagem metodológica adotada. O Capítulo 4 é dedicado à apresentação e discussão dos resultados, onde se analisam as ferramentas da qualidade aplicadas nas indústrias sob a ótica de estudo dos artigos selecionados. O Capítulo 5 reúne as conclusões do estudo, sintetizando os principais achados e apresentando sugestões para trabalhos futuros. Por fim, lista-se as referências bibliográficas ao final do trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 QUALIDADE

O conceito de qualidade foi objeto de muita discussão ao longo do tempo e ainda hoje suscita controvérsias. Qualidade é o atendimento às necessidades dos clientes, de acordo com Hudiburg (1991, p. 25), “se você não faz coisas boas para seus clientes, não tem lucros e não tem funcionários”.

Juran define qualidade como adequação para uso em termos de design, conformidade, disponibilidade, segurança e uso em campo. Sua abordagem é baseada no cliente, gerenciamento de cima para baixo e métodos técnicos (Juran, 1989).

2.1.1 Histórico

Na Antiguidade, o conceito de qualidade já era valorizado por várias civilizações, como os egípcios, gregos e romanos. Esses povos eram conhecidos pela habilidade em aplicar padrões rigorosos em construções e manufaturas. As técnicas de construção egípcias, por exemplo, refletiam um alto nível de precisão, como observado nas pirâmides, que continuam sendo estruturas notavelmente duradouras e precisas até os dias de hoje (Wilkinson 2010).

Durante a Idade Média, as guildas europeias formalizaram práticas de controle de qualidade. Essas corporações de ofício introduziram regulamentações estritas para garantir que os produtos manufaturados, como tecidos e ferramentas, cumprissem os padrões estabelecidos (Epstein, 1991).

A Revolução Industrial, iniciada no século XVIII, transformou a maneira como os produtos eram fabricados, e o controle de qualidade se tornou ainda mais crucial. Frederick W. Taylor, considerado o "pai da administração científica", introduziu princípios que buscavam otimizar a eficiência e a qualidade dos processos de produção. Ele defendia a padronização e o controle rigoroso dos processos produtivos (Taylor, 1911). Paralelamente, Henry Ford revolucionou a indústria automotiva ao introduzir a linha de montagem em 1913, o que permitiu a fabricação de carros a um custo mais baixo e com maior consistência de qualidade (Ford 1922).

No período pós-Segunda Guerra Mundial, houve um grande avanço nos métodos de controle de qualidade, impulsionado pelas contribuições de William Edwards Deming e Joseph Juran. Deming apresentou princípios que enfatizavam a melhoria contínua e a importância do

feedback no processo produtivo (Deming, 1986). Já Juran destacou a importância da "adequação ao uso" e desenvolveu a "Trilogia da Qualidade", composta pelo planejamento, controle e melhoria da qualidade (Juran, 1988).

Outro marco significativo foi o desenvolvimento do Controle Estatístico de Qualidade (CEQ) por Walter A. Shewhart na década de 1920. Shewhart, engenheiro da Bell Telephone Laboratories, introduziu os gráficos de controle para monitorar os processos de fabricação e identificar variações, estabelecendo as bases do controle de processos moderno (Shewhart, 1931).

Nos anos 1980 e 1990, os conceitos de qualidade evoluíram para incluir práticas de gestão, como a Gestão da Qualidade Total (TQM). Conforme descrito por Feigenbaum, a TQM enfatiza a responsabilidade de todos os membros da organização na manutenção da qualidade, a partir da alta direção até os operários no chão de fábrica (Amorim, 2010).

Outro marco importante no campo da gestão da qualidade foi a criação dos padrões ISO 9000 pela Organização Internacional de Normalização (ISO) em 1987. Esses padrões oferecem diretrizes universais para sistemas de gestão da qualidade, com o objetivo de garantir que organizações, independentemente do setor, possam cumprir consistentemente os requisitos de qualidade de seus clientes e outros *stakeholders* (ISO, 2015).

Na era da Indústria 4.0 e, mais recentemente, da indústria 5.0, a qualidade tornou-se ainda mais crítica, à medida que avanços em tecnologias digitais, como a Internet das Coisas (IoT), análise de *Big Data* e Inteligência Artificial (IA), são integrados aos processos produtivos. Segundo Tortorella e Fettermann (2018), essas tecnologias permitem o monitoramento e a melhoria da qualidade em tempo real, adaptando rapidamente os processos de produção para manter altos padrões de qualidade.

O histórico da qualidade demonstra uma evolução contínua, partindo de práticas intuitivas e informais para sistemas complexos e integrados, refletindo tanto o progresso tecnológico quanto a crescente sofisticação das demandas dos mercados consumidores. De acordo com Slack *et al.* (2019), desde os artesãos da antiguidade até as fábricas automatizadas modernas, a busca pela qualidade tem sido uma constante, impulsionada pela necessidade de inovação e eficiência.

Olhando para o futuro com o advento da indústria 5.0, é possível prever uma integração ainda mais profunda entre tecnologia e fator humano, com foco em personalização e sustentabilidade. As ferramentas de qualidade continuarão a evoluir, incorporando avanços tecnológicos e métodos de análise de dados cada vez mais precisos, assegurando que as organizações possam não apenas atender, mas também exceder as expectativas de qualidade

dos consumidores.

2.1.2 Ampliação do conceito de qualidade

Segundo Paladini (2019), o cliente de hoje, devido às várias ofertas que tem procura qualidade, seja no atendimento, seja no produto ou serviço prestado. É fundamental que o empresário tenha em mente que há um mercado imenso tentando fidelizar o cliente, e para isso, utilizando-se de artifícios como a qualidade.

No intuito de contribuir para o aumento da competitividade de bens e de serviços, várias estratégias e metodologias têm sido desenvolvidas objetivando o aumento na qualidade do atendimento. Frise-se que é possível estabelecer alguns controles para avaliar os níveis de satisfação/insatisfação dos clientes e orientar ações com relação ao atendimento (Paladini, 2019).

De acordo com Gordon (2000), uma destas estratégias é o sistema de reclamações e sugestões, onde as empresas costumam encarar as reclamações dos seus clientes como fatos incômodos, em vez de procurar ativamente compreender o que produz satisfação ou insatisfação. É indispensável que as mesmas criem canais de comunicação para incentivar os clientes a expor suas queixas, elogios e sugestões antes que eles decidam experimentar o concorrente mais próximo.

O autor ainda cita outras estratégias como pesquisa de satisfação, compras simuladas, análise de clientes perdidos, e salienta a importância em identificar e analisar os motivos que levaram esses clientes a deixarem de negociar com a empresa, de forma a orientar as políticas e ações de marketing da empresa (Gordon, 2000). É preciso que o empresário tenha em mente que utilizar todas as estratégias para fidelizar o cliente é muito mais barato e fácil do que precisar recuperar os clientes perdidos.

Com relação à qualidade no atendimento, Ferreira (1994, p. 47) define qualidade como “propriedade, atributo ou condição das coisas ou pessoas capaz de distingui-las das outras e lhes determinar a natureza; numa escala de valores, qualidade é a propriedade que permite avaliar e, conseqüentemente, aceitar ou recusar qualquer coisa”. De acordo com essa definição, um serviço de qualidade acaba diferenciando quem o oferece, bem como a empresa prestadora.

Segundo Feigenbaum (1994) *apud* Pinheiro (2002, p.65), “qualidade é o fator que proporciona o retorno do cliente pela segunda, terceira e décima quinta vez”. Qualidade engloba ao mesmo tempo a perspectiva do mercado e a da empresa numa visão moderna. A satisfação do cliente e o valor para o cliente com a menor utilização de recursos são as áreas em que as

empresas competem.

Por outro lado, na perspectiva da empresa, de acordo com Mckenna (2001), qualidade é uma forma de atuação para competir. A empresa deve definir uma estratégia empresarial e uma cultura de gerenciamento capazes de sustentar uma competição em qualidade.

Segundo Juran (1989, p.29):

O crescimento da conscientização da importância da qualidade resultou em uma mudança de comportamento. Isso porque havia pouco conteúdo atrás dessas exortações. As campanhas não identificaram as tarefas a serem feitas, os projetos específicos a serem trabalhados. Elas não estabeleciam claramente as responsabilidades de execução das tarefas necessárias. Não forneciam processos estruturados de como atingir as metas desejadas. Não revisaram o sistema para avaliar o desempenho dos gerentes.

Neste contexto, em função das rápidas mudanças econômicas e sociais ocorridas, principalmente depois do fenômeno da globalização, ficou maior a competitividade na conquista de mercados pelas empresas. Na visão de Pinheiro (2002), a inovação tecnológica e as novas práticas de gestão organizacional introduzidas pelas empresas não eram suficientes, em si só, para atingir tais objetivos, provocando maior competição comercial em todos os mercados, e também no de serviços.

2.2 GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL

A Gestão da Qualidade Total (GQT) é um conceito fundamental para assegurar a consistência de produtos, serviços e processos nas organizações. Segundo Possarle (2014), a GQT é composta por quatro elementos essenciais: planejamento da qualidade, garantia da qualidade, controle da qualidade e melhoria contínua. Essa abordagem vai além da simples verificação da qualidade final dos produtos ou serviços, focando também nos processos que conduzem a esses resultados. A qualidade, nesse contexto, é determinada pela adequação ao uso, ou seja, pela capacidade do produto em atender às necessidades e expectativas dos consumidores.

Historicamente, o desenvolvimento da gestão da qualidade remonta aos primeiros artesãos, passando pela introdução da produção em massa e pela crescente ênfase na padronização e na eficiência industrial. Eli Whitney, nos Estados Unidos, foi um dos pioneiros ao propor a fabricação intercambiável de peças, enquanto Frederick Winslow Taylor, conhecido por suas contribuições à administração científica, estabeleceu práticas que aprimoraram a padronização e a eficiência industrial (Possarle, 2014). Henry Ford, nos EUA, e Karl Benz, na Alemanha, foram figuras-chave na implementação de práticas de gestão de processos e

produção, com a produção em massa ganhando impulso após a Segunda Guerra Mundial, especialmente na Volkswagen.

Conforme apontado por Carvalho *et al.* (2012), a gestão da qualidade deu um passo significativo com Walter A. Shewhart, que, em 1924, desenvolveu o controle estatístico da qualidade, utilizando métodos quantitativos para garantir a consistência na produção. Posteriormente, W. Edwards Deming, inspirado por Shewhart, aplicou esses métodos nos Estados Unidos durante a Segunda Guerra Mundial, contribuindo para a melhoria da qualidade em setores estratégicos. Após o conflito, Deming desempenhou um papel central na reconstrução da economia japonesa, orientando o país a adotar práticas de gestão da qualidade que resultaram em produtos reconhecidos mundialmente pela sua excelência, especialmente a partir da década de 1970.

A introdução do Ciclo PDCA na década de 1980 representou uma importante inovação na gestão da qualidade, ao incorporar a noção de melhoria contínua (Carvalho *et al.*, 2012). O ciclo permite que as organizações planejem, executem, verifiquem e ajustem seus processos de maneira sistemática, promovendo tanto a eficácia quanto a eficiência das operações.

Com o avanço da globalização e a intensificação da competitividade entre mercados, a qualidade tornou-se um diferencial estratégico para as organizações. Normas internacionais, como a série ISO 9000, desempenham um papel crucial na padronização dos padrões de qualidade, permitindo que países emergentes, como China e Índia, atendam às exigências do mercado global (Carvalho *et al.*, 2012).

Por fim, conforme Campos (1999), a qualidade total pode ser definida como uma abordagem multidisciplinar que combina programas, ferramentas e métodos aplicados ao controle dos processos produtivos, visando a produção de bens e serviços de alta qualidade a um custo reduzido. Originado no Japão com os Círculos de Controle da Qualidade após a Segunda Guerra Mundial, o conceito de qualidade total se disseminou nos países ocidentais na década de 1970, e consolidou-se como uma prática indispensável nas organizações contemporâneas, focada na satisfação do cliente e na otimização dos recursos disponíveis.

Essa evolução reflete a crescente importância das ferramentas da qualidade ao longo do tempo, à medida que as indústrias se adaptam às exigências de um mercado cada vez mais globalizado e competitivo.

2.3 A EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA E DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE

A evolução das indústrias e das ferramentas da qualidade ao longo dos séculos reflete as mudanças tecnológicas e sociais, moldando a produção e o gerenciamento da qualidade. Desde a Revolução Industrial, iniciada no final do século XVIII, passando pelas transformações que caracterizam a indústria 5.0, essa trajetória tem sido marcada por inovações que visam a eficiência e a personalização dos produtos.

Conforme Pasquini (2020), a Primeira Revolução Industrial (Indústria 1.0) trouxe a mecanização dos processos produtivos por meio da invenção da máquina a vapor, transformando a produção artesanal em manufaturas de grande escala. Durante esse período, a principal ferramenta de qualidade era a inspeção manual, utilizada para identificar defeitos nos produtos de forma reativa (Souza, 2023). Na Indústria 2.0, a introdução da eletricidade e da produção em massa, exemplificada pelo modelo de montagem de Henry Ford, permitiu o uso do Controle Estatístico de Qualidade (CEQ) e das Cartas de Controle, que possibilitaram monitorar e controlar a qualidade dos processos produtivos de maneira mais estruturada (Nuno, 2023; Souza, 2023).

Com o advento da Indústria 3.0, houve a automação industrial por meio da eletrônica e da informática. Isso levou à adoção de ferramentas como a Análise de Modo de Falha e Efeito (FMEA), que se tornou fundamental para mitigar riscos de falhas em produtos e processos mais complexos (Souza, 2023). Ao mesmo tempo, surgiram práticas como o *Lean Manufacturing* e o *Total Quality Management* (TQM), focadas na melhoria contínua e na eliminação de desperdícios, destacando empresas como a Toyota, pioneira no desenvolvimento de métodos de produção enxuta (Carvalho *et al.*, 2012; Souza, 2023).

A Indústria 4.0, a partir dos anos 2000, foi caracterizada pela digitalização dos processos produtivos e pela integração de tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), *Big Data* e Inteligência Artificial (IA). Ferramentas como o *Six Sigma* e a metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) foram amplamente adotadas para reduzir variações e aumentar a qualidade, enquanto as tecnologias da Indústria 4.0 permitiram o monitoramento em tempo real e a análise preditiva dos dados (Souza, 2023).

Por fim, na indústria 5.0, o foco está na colaboração entre humanos e máquinas, destacando a importância dos "cobots" (robôs colaborativos) e na personalização em massa de produtos. Ferramentas de qualidade são utilizadas para integrar flexibilidade nos sistemas produtivos e responder às necessidades individuais dos clientes, ao mesmo tempo em que se enfatiza a sustentabilidade e a responsabilidade social das empresas (Santana e Jankowitsch,

2021). Nesse contexto, o uso de IA avançada possibilita a tomada de decisões estratégicas, enquanto a customização em grande escala torna-se viável graças às tecnologias emergentes, como a impressão 3D (Santana e Jankowitsch, 2021).

A evolução das ferramentas da qualidade reflete a crescente complexidade dos processos produtivos e a necessidade de integrar inovações tecnológicas e sociais, visando não apenas a melhoria contínua, mas também a adaptação às novas exigências do mercado globalizado (Souza, 2023). As organizações que souberem combinar essas ferramentas com as inovações da indústria 5.0 estarão em posição de promover maior eficiência, personalização e sustentabilidade em suas operações.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi estruturada de acordo com os preceitos metodológicos definidos pela literatura acadêmica, isto é, a metodologia científica contemplando a classificação da pesquisa quanto à natureza, objetivos, procedimentos técnicos e abordagem, além de uma metodologia de trabalho que será explicada posteriormente também utilizada para realizar o filtro dos artigos. A seguir, detalha-se a metodologia aplicada ao estudo.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DE PESQUISA

A pesquisa realizada é classificada como básica quanto à sua natureza. De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa básica visa ampliar o conhecimento teórico sobre um determinado fenômeno, sem necessariamente buscar a aplicação prática imediata. O foco principal desta pesquisa foi gerar uma melhor compreensão sobre a aplicação das ferramentas da qualidade na indústria 5.0.

Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória, uma vez que tem como finalidade proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito. Segundo Gil (2008), a pesquisa exploratória é utilizada em temas que ainda não foram muito estudados ou que demandam uma compreensão mais ampla. Este estudo explora os avanços das ferramentas da Qualidade na era 5.0 da Indústria, com base na revisão bibliográfica de fontes literárias.

Em relação aos procedimentos metodológicos, foi realizada uma pesquisa bibliográfica de caráter qualitativo, utilizando o método indutivo. A pesquisa bibliográfica permitiu uma análise aprofundada das fontes disponíveis, buscando fundamentar teoricamente o tema investigado. O método indutivo foi empregado para interpretar os dados e extrair generalizações a partir das observações, com o objetivo de desenvolver uma compreensão mais abrangente sobre o tema.

Quanto a abordagem, Gil (2008) destaca que a pesquisa qualitativa busca compreender fenômenos a partir de suas características descritivas e contextuais, favorecendo o aprofundamento da compreensão sobre o objeto estudado. Portanto, este estudo seguiu a abordagem qualitativa, que se alinha à proposta de análise interpretativa e exploratória.

3.2 METODOLOGIA DO TRABALHO

Os procedimentos adotados para a revisão de literatura envolveram a seleção de trabalhos

na plataforma *Google Scholar*, tendo sido definidos como termos de busca as palavras “Ferramentas” AND “Qualidade” AND “Indústria 5.0”, filtrando-se trabalhos dos últimos 5 anos. Os termos para o filtro utilizado foram esses, devido a gama de conteúdo encontrado a partir dessas palavras-chave relacionadas ao nosso tema

Inicialmente, a busca por trabalhos na base *Google Scholar* com os termos “Ferramentas” AND “Qualidade” AND “Indústria 5.0”, resultou em 317 trabalhos. Em seguida, após a aplicação do filtro para selecionar os trabalhos produzidos nos últimos 5 anos, a plataforma apresentou 303 documentos resultantes. Então, selecionou-se para a análise 10 artigos apresentados pela plataforma *Google Scholar*. A seleção dos 10 artigos foi motivada pela busca por qualidade e relevância na literatura, garantindo que o material analisado fornecesse *insights* significativos e estivesse alinhado com as inovações mais recentes do setor industrial.

Para a análise dos trabalhos, estruturou-se uma tabela de forma a analisar cada uma das pesquisas obtidas. Para isso, primeiramente, buscou-se levantar as informações sobre a publicação, tais como: tipo de publicação, autoria, ano e local de publicação.

Em seguida, visando analisar o que foi desenvolvido por cada trabalho, definiu-se um campo para levantar essa informação. Na sequência, categorizou-se qual o tipo de indústria estava envolvida em cada tipo de trabalho. Além disso, também se analisou quais foram os resultados de cada publicação e quais foram as sugestões de trabalhos futuros indicados em cada pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1 apresenta os artigos selecionados na revisão de literatura, com o objetivo de oferecer uma visão consolidada sobre a aplicação das ferramentas da qualidade na indústria 5.0. A tabela foi elaborada para ilustrar a evolução das ferramentas da qualidade ao longo do tempo, destacando as transformações ocorridas em sua implementação na era da indústria 5.0, bem como as mudanças nos segmentos industriais abordados.

Primeiramente, foram coletadas informações essenciais dos artigos, como título, autor, ano de publicação, e tipo de publicação, que estão dispostas na primeira coluna. Em seguida, categorizou-se o tipo de estudo, identificando se o documento é um artigo científico, tese, dissertação, livro ou outro formato relevante para a pesquisa.

O próximo passo foi descrever o que cada trabalho realizou, quais ferramentas da qualidade foram aplicadas e em qual tipo de indústria ou segmento industrial, permitindo uma análise detalhada de suas contribuições. Na sequência, os resultados obtidos em cada estudo foram apresentados, com foco nas soluções propostas e impactos das ferramentas da qualidade nos processos industriais.

Por fim, as sugestões de trabalhos futuros fornecem uma visão das lacunas ainda existentes na literatura, e das oportunidades de pesquisa que podem ser exploradas para aprimorar o uso dessas ferramentas na indústria 5.0. Com isso, pretende-se traçar uma análise comparativa que permita identificar tanto os avanços como as limitações das ferramentas da qualidade no contexto contemporâneo.

Quadro 1- Revisão bibliográfica: análise de conteúdo dos artigos selecionados.

Título, Autor, Ano e local de publicação	Tipo de publicação	O que foi feito no trabalho	Tipo de indústria envolvida	Segmento industrial	Ferramentas da Qualidade e Tecnologias	Resultados	Sugestões de trabalho futuro
NUNO,2023, PQDT-GLOBAL	Artigo	Uma análise de paradigma da inovação social na indústria 5.0	5.0	Indústria Geral	Robótica colaborativa, digital twins (gêmeos digitais),	O estudo busca analisar o contributo de inovação social no paradigma da indústria 5.0	Estudo sobre a aplicação das tecnologias 5.0 em diferentes setores industriais.
GRASSO, 2024, Itália	Artigo	Exploração das mudanças trazidas pela Indústria 5.0 em relação à Indústria 4.0	4.0, 5.0	Vários setores	<i>Cobots</i> , Inteligência Artificial, <i>Big Data</i>	A Indústria 5.0 foca na colaboração homem-máquina e na sustentabilidade.	Investigação sobre as melhores práticas de integração entre humanos e máquinas em diferentes setores.
PASQUINI, 2020, Brasil	Artigo	Pesquisa bibliográfica sobre as Quatro Revoluções Industriais	1.0, 2.0, 3.0, 4.0	Indústria Geral	Controle Estatístico de Qualidade, Lean Manufacturing, Automação	A Revolução 4.0 trouxe mudanças significativas em diversos setores, promovendo automação e digitalização.	Estudos mais aprofundados sobre a Revolução 5.0 e seus impactos na economia global.
PIRES e MACÊDO, 2006, Brasil	Artigo	Análise da cultura organizacional em organizações públicas	Cultura Organizacional	Público	Controle de Qualidade e Processos Normativos	Mudanças organizacionais precisam focar na continuidade e no capital humano.	Pesquisa sobre a integração das ferramentas da qualidade com a cultura organizacional em novos ambientes.

(continua)

(continuação)

Título, Autor, Ano e local de publicação	Tipo de publicação	O que foi feito no trabalho	Tipo de indústria envolvida	Segmento industrial	Ferramentas da Qualidade e Tecnologias	Resultados	Sugestões de trabalho futuro
SANTANA e JANKOWITSCH, 2021, Alemanha	Artigo	Estudo sobre a Indústria 5.0, impactos sociais e desafios éticos	5.0	Vários setores	<i>Cobots</i> , Automação Inteligente	A Indústria 5.0 exige ajustes entre poder social e progresso tecnológico, enfrentando o desemprego tecnológico.	Estudo das relações entre as mudanças tecnológicas e os impactos sociais, com foco na sustentabilidade.
SERNAUTO, 2022, Espanha	Relatório	Estudo sobre a indústria automotiva 5.0	5.0	Automotivo	Personalização em massa, Integração Homem-Máquina	A Indústria 5.0 permite a produção personalizada com foco na sustentabilidade e no empoderamento humano.	Análise da personalização em massa no setor automotivo e seu impacto na produção e economia.
SOUZA, 2023, Brasil	Artigo	Discussão sobre o aumento da produtividade com automação inteligente	5.0	Vários setores	Automação Inteligente, Análise de <i>Big Data</i>	Automação de atividades de backoffice aumentou a eficiência e produtividade em vários setores.	Estudo de novos tipos de automação inteligente aplicáveis em diferentes contextos industriais.

(continua)

(continuação)

Título, Autor, Ano e local de publicação	Tipo de publicação	O que foi feito no trabalho	Tipo de indústria envolvida	Segmento industrial	Ferramentas da Qualidade e Tecnologias	Resultados	Sugestões de trabalho futuro
MAESRTI, BESSA, OLIVEIRA, STEFFENS, 2021	Artigo	Histórico das Revoluções Industriais, 3.5, 4.0 e 5.0	3.5, 4.0, 5.0	Têxtil	Sistemas cyberfísicos, IoT, <i>Big Data</i>	Este estudo é baseado em revisão de literatura dos conceitos das indústrias 3.5, 4.0 e 5.0 em conjunto com análise crítica da área têxtil.	A tradicional indústria têxtil apresenta grande potencial para se aperfeiçoar considerando principalmente a quinta revolução industrial.
SILVA, 2023, Brasil	Artigo	Revisão sobre a Indústria 4.0 e 5.0 na Indústria Têxtil	4.0, 5.0	Têxtil	Automação, Personalização, Sustentabilidade	A Indústria 5.0 foca na personalização e bem-estar dos trabalhadores, com tecnologias 4.0 amplamente implementadas.	Exploração da aplicação das ferramentas da qualidade na Indústria Têxtil no contexto da Indústria 5.0.
SILVA, 2023, Brasil	Artigo	Análise do impacto da Indústria 5.0 nas operações industriais	5.0	Indústria Geral	Simulação de Processos, Análise Custo-Benefício	A Indústria 5.0 pode otimizar as operações industriais com simulação e análises de eficiência e custo-benefício.	Estudos adicionais sobre a utilização de simulações em larga escala para otimização operacional.

Fonte: Elaborada pelos autores (2024)

Efetivamente, a transição da Indústria 4.0 para a indústria 5.0, surgem novos paradigmas que impactam diretamente a estrutura dos setores industriais, como o automotivo, e dos fornecedores de componentes. Conforme discutido por Silva (2023), a Indústria 4.0 se destacou pela digitalização dos processos produtivos, permitindo o uso extensivo da Internet das Coisas (IoT), além de avanços significativos em Inteligência Artificial (IA) e *Big Data*, o que resultou em novos modelos de tomada de decisão mais inteligentes e eficientes. O processo decisório, que antes demandava uma elevada intervenção humana, foi otimizado por tecnologias digitais, tornando-se mais ágil e preciso.

No entanto, a indústria 5.0, conforme analisado por Grasso (2024) e Santana e Jankowitsch (2021), reintroduz o capital humano como elemento central na produção, sem desconsiderar as tecnologias já consolidadas pela Indústria 4.0. O foco da indústria 5.0 é encontrar um equilíbrio entre o papel da tecnologia e o dos profissionais humanos. As máquinas e a automação, embora essenciais, não substituem as habilidades humanas, mas sim complementam-nas. Isso reflete uma mudança no paradigma da produção, na qual a criatividade e a visão estratégica dos trabalhadores são valorizadas, enquanto as máquinas assumem tarefas repetitivas e operacionais.

No caso específico do setor automotivo, Sernauto (2022) discute como os fornecedores de componentes estão se adaptando ao modelo de produção da indústria 5.0. Nessa nova estrutura, as decisões são cada vez mais orientadas por políticas de sustentabilidade e compromisso social. Pessoas e máquinas trabalham juntas em fábricas colaborativas, onde o objetivo é otimizar a eficiência econômica e ambiental. Os trabalhadores, dotados de criatividade e visão estratégica, complementam os dispositivos automatizados que realizam as operações repetitivas. Assim, a parceria entre homem e máquina permite alcançar uma maior produtividade, alinhada com a busca por um impacto ambiental reduzido.

A sustentabilidade, como apontado por Nuno (2023) e Souza (2023), torna-se um dos pilares fundamentais da indústria 5.0, buscando não apenas maximizar a eficiência produtiva, mas também minimizar o impacto ambiental e melhorar a qualidade de vida dos trabalhadores. O modelo de produção colaborativo, introduzido por essa nova revolução industrial, incentiva a personalização em massa e o desenvolvimento de soluções que atendam tanto às demandas do mercado quanto às necessidades individuais dos consumidores, respeitando ao mesmo tempo os limites do planeta.

Em suma, a evolução da Indústria 4.0 para a indústria 5.0 não apenas refina o uso da tecnologia digital, mas também reforça o papel do ser humano no processo produtivo. Conforme discutido por Grasso (2024), Sernauto (2022) e Silva (2023), essa transformação

resulta em uma sinergia mais equilibrada entre máquinas e humanos, onde a criatividade humana se une à precisão das tecnologias para alcançar uma produção mais eficaz e sustentável.

Para a Comissão Europeia, a indústria 5.0 deve ser a revolução industrial das pessoas. De acordo com a instituição comunitária, a pesquisa e a inovação desencadearão uma transição para uma indústria europeia mais sustentável, resiliente e baseada nas pessoas. O valor não será buscado apenas para as partes interessadas, mas para todas as partes envolvidas (Nuno, 2023).

Com foco na indústria 5.0, mais especificamente do escopo dos fornecedores de componentes automotivos, o caminho a seguir deve ser guiado pela inovação. De acordo com uma análise da Comissão Europeia, a indústria automotiva da União Europeia é muito competitiva, mas o contexto econômico globalizado em que atuamos é cada vez mais complexo devido ao cenário geopolítico em constante mudança. É eficiente e rentável, mas vulnerável aos altos e baixos da longa cadeia de valor (Nuno, 2023).

Assim, eles ressaltam que somente pela inovação automotiva, a indústria automobilística europeia pode melhorar sua eficiência em vários pontos ao longo da cadeia de valor, aumentar a flexibilidade do sistema de produção para satisfazer as demandas dos consumidores em rápida mudança em uma economia globalizada, mantendo-se como referência mundial em qualidade.

Tal inovação deve seguir principalmente um critério de responsabilidade, proporcionando benefícios a todos os agentes envolvidos: de investidores a funcionários, com clientes, sociedade e meio ambiente no meio, em vez de apenas maximizar o ganho econômico.

A Sernauto (2022), instituição pertencente à Autoparts da Espanha, considera que a indústria automotiva 5.0 deve ser definida por personalizar a produção, com uma ampla gama de produtos adaptados às necessidades individuais. Inteligência artificial com robôs colaborativos que alinhado com a engenhosidade humana, criarão produtos. Empoderamento humano, pois tarefas perigosas, mecânicas e repetitivas serão confiadas à inteligência artificial, então as pessoas executarão tarefas que exigem raciocínio humano. Velocidade e qualidade, com uma produção mais ágil e qualificada graças à colaboração máquina-humano. Respeito ambiental, a melhoria tecnológica será traduzida em produção baseada em energia renovável.

A indústria 5.0 marca uma transição significativa da automação pura para um modelo colaborativo entre homem e máquina, um avanço particularmente evidente no setor automotivo. Nesse contexto, os pilares principais da indústria 5.0 não apenas redefinem a produção industrial, mas também colocam ênfase no bem-estar do trabalhador e na inovação sustentável.

No setor automotivo, a transição de uma automação completa para uma configuração mais colaborativa já está em andamento, especialmente com a aplicação dos princípios da

indústria 5.0. Nota-se que, atualmente, as empresas continuam altamente dependentes de sistemas automatizados para realizar tarefas repetitivas e padronizadas, como a soldagem, pintura e manuseio de peças. Robôs são amplamente utilizados nessas etapas da linha de produção, destacando-se por sua precisão e eficiência.

Entretanto, esses sistemas de automação, na maioria das vezes, operam de forma isolada, com pouca ou nenhuma interação com os trabalhadores humanos. Assim, embora as máquinas sejam altamente eficazes em tarefas repetitivas, falta-lhes a adaptabilidade e a capacidade de resolução de problemas que os seres humanos possuem. Espera-se que, com a introdução dos conceitos da indústria 5.0, essa lacuna entre a eficiência robótica e a flexibilidade humana seja reduzida, promovendo uma colaboração mais direta entre os dois, o que deve gerar resultados mais eficientes e sustentáveis.

Desse modo, a indústria 5.0 não apenas incrementa a produtividade por meio da tecnologia, mas também busca uma sinergia maior entre a força de trabalho humana e a automação, apontando para uma evolução significativa na forma como a produção será organizada no futuro.

Grasso (2024) menciona que com a indústria 5.0 no horizonte, a robótica colaborativa (*cobots*) prosperará, auxiliando os humanos em tarefas de precisão, ao mesmo tempo em que garante um ambiente de fábrica mais seguro e adaptável. Os avanços na IA promoverão interações complexas entre humanos e máquinas, aprimorando a comunicação e os fluxos de trabalho para maior produtividade.

Simultaneamente, a ênfase na qualificação dos trabalhadores impulsiona os programas de treinamento, integrando novas tecnologias para colaboração otimizada entre humanos e máquinas. Sistemas de produção flexíveis e modulares dominarão, permitindo ajustes perfeitos para atender a demandas variadas e facilitando a integração harmoniosa da experiência humana com tecnologias avançadas (Grasso, 2024).

Atualmente, as indústrias começaram a integrar algum nível de personalização em suas ofertas de veículos. Isso normalmente envolve permitir que os clientes escolham entre um conjunto de opções predefinidas, como variações de cor, pacotes de acabamento ou recursos opcionais, para personalizar seus veículos até certo ponto. Essa personalização geralmente ocorre dentro de certas restrições devido a limitações nos processos de produção e considerações de custo. Embora adicione alguma variedade, o nível de personalização é um

tanto limitado e não captura totalmente o potencial de veículos exclusivos e altamente individualizados.

No entanto, com o advento da indústria 5.0 nas empresas, representa uma evolução significativa, integrando criatividade humana e inteligência artificial (IA) para personalizar veículos e melhorar processos industriais. Algoritmos de IA analisam dados de clientes, como preferências e comportamentos, para oferecer insights detalhados que orientam a criação de veículos alinhados às necessidades individuais. Essa personalização é uma tendência crescente no setor automotivo, segundo a Salesforce (2024), que destaca como sistemas de IA transformam as interações com os consumidores, aprimorando experiências e produtos.

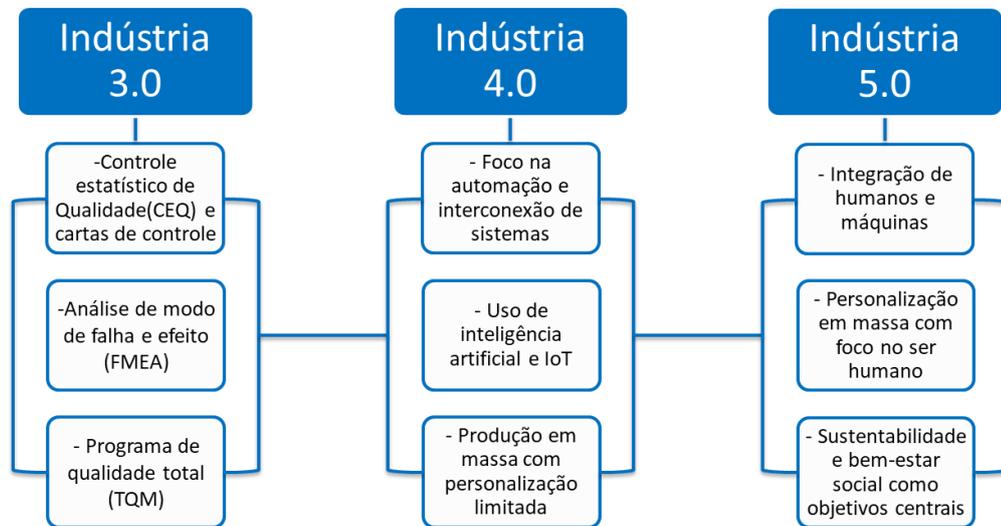
Os processos de controle de qualidade também estão sendo revolucionados. Máquinas automatizadas realizam testes padrão, enquanto a supervisão humana identifica falhas mais complexas. A integração de IA torna essas verificações mais eficazes, com manutenção preditiva capaz de reduzir falhas em até 70%, conforme destaca a FPT Software (2024). Além disso, algoritmos avançados e ferramentas como realidade aumentada melhoram a inspeção visual, aumentando a confiabilidade dos produtos.

A sustentabilidade na fabricação automotiva também se beneficia dessa sinergia. A IA identifica ineficiências no uso de energia e materiais, permitindo decisões mais sustentáveis. Modelos preditivos ajudam engenheiros a reduzir desperdícios e implementar práticas ecologicamente responsáveis, alinhando o setor às demandas ambientais e sociais da atualidade (FPT Software, 2024).

Concluindo, à medida que a indústria 5.0 continua a moldar o cenário da indústria, o futuro promete ser de colaboração perfeita entre humanos e tecnologias avançadas. Essa sinergia não apenas prepara o setor para inovação e produtividade inigualáveis, mas também para um impacto social significativo, priorizando o bem-estar dos trabalhadores, a sustentabilidade ambiental e experiências personalizadas.

4.1 COMPARAÇÃO DAS FERRAMENTAS ADOTADAS

Figura 1- Resultado da análise comparativa das indústrias.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024)

A Figura 1 apresenta um comparativo entre as indústrias 3.0, 4.0 e 5.0, destacando as principais ferramentas e abordagens de qualidade adotadas em cada uma dessas eras. Na indústria 3.0, predominam métodos como o Controle Estatístico de Qualidade (CEQ), Análise de Modo de Falhas e Efeitos (FMEA) e o Programa de Qualidade Total (TQM), que são focados na padronização e no controle rigoroso dos processos produtivos. Já na indústria 4.0, o foco passa para a automação e interconexão de sistemas, com o uso de Inteligência Artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT), possibilitando uma produção com personalização limitada. Na transição para a indústria 5.0, ocorre uma integração mais profunda entre humanos e máquinas, com a personalização em massa voltada para o ser humano e a sustentabilidade e bem-estar social como objetivos centrais. Essa evolução reflete uma mudança das ferramentas puramente técnicas e de controle para abordagens mais colaborativas e centradas no ser humano (Queiróz *et al.*, 2024).

4.2 TECNOLOGIAS IMPULSIONADORAS SOBRE AS FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Figura 2- Nuvem de palavras sobre tecnologias e ferramentas da qualidade.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024)

A Indústria 5.0 traz uma abordagem mais humanizada e inteligente, baseada em tecnologias avançadas como Inteligência Artificial (IA), Internet das Coisas (IoT) e sistemas ciberfísicos. Essas inovações têm o potencial de transformar o uso tradicional das ferramentas da qualidade, como o PDCA, Diagrama de Ishikawa e FMEA, proporcionando maior precisão e eficiência na resolução de problemas (Novochadlo, 2024).

A imagem da nuvem de palavras destaca a integração entre conceitos clássicos, como ISO 9001, e tecnologias emergentes, como Manufatura Sustentável e *Cobots*. Por exemplo, a IoT possibilita a coleta contínua de dados em tempo real, que podem ser analisados por algoritmos de aprendizado de máquina para identificar desvios de qualidade e implementar ações corretivas de maneira proativa. Destaca-se que o uso da IoT nas operações industriais não

apenas melhora a visibilidade do processo, mas também otimiza a tomada de decisões com base em dados (Novochadlo, 2024).

5 CONCLUSÃO

O estudo realizado sobre a aplicação das ferramentas da qualidade na indústria 5.0 destaca a relevância das inovações tecnológicas, como inteligência artificial (IA), Internet das Coisas (IoT) e robótica colaborativa, especialmente no setor automotivo. Essas tecnologias têm potencial para otimizar processos produtivos, melhorar a personalização dos produtos e contribuir para a sustentabilidade, sendo elementos chave na adaptação das indústrias às novas exigências do mercado global.

Os resultados apontam que a integração homem-máquina é um diferencial importante na indústria 5.0, permitindo maior eficiência e adaptabilidade dos processos. Contudo, foram identificados desafios significativos para a implementação dessas inovações, incluindo altos custos de investimento e a necessidade de capacitação da força de trabalho. Além disso, as diferenças de infraestrutura entre empresas de diferentes tamanhos e regiões resultam em uma desigualdade tecnológica que pode afetar a competitividade e a equidade no mercado.

As práticas de sustentabilidade e economia circular se mostraram fundamentais para garantir um crescimento equilibrado. A adaptação de ferramentas tradicionais de qualidade para um contexto tecnológico mais avançado, como a utilização de análise preditiva, oferece oportunidades de melhoria contínua nos processos e contribui para um impacto ambiental mais positivo.

Para futuros estudos, recomenda-se explorar em maior profundidade a aplicação das ferramentas de qualidade em pequenas e médias empresas, investigando como estas podem superar os desafios de implementação tecnológica e alcançar maior competitividade. Além disso, estudos que analisem o impacto das políticas públicas e incentivos governamentais na aceleração da adoção da indústria 5.0 podem fornecer *insights* valiosos para a formulação de estratégias de desenvolvimento regional.

Outra sugestão seria investigar o desenvolvimento de programas de treinamento contínuo voltados para profissionais da indústria, com ênfase em habilidades específicas para a operação e integração de tecnologias da indústria 5.0. Esses programas poderiam abranger áreas como inteligência artificial, robótica colaborativa e análise de dados, visando reduzir a lacuna entre o conhecimento atual dos trabalhadores e as novas exigências tecnológicas. Essa iniciativa pode facilitar a adaptação das empresas a processos mais avançados e aumentar a eficiência na transição para a indústria 5.0.

Em suma, a evolução das ferramentas de qualidade na indústria 5.0 representa uma transformação profunda no modo de produção industrial, trazendo novos desafios e

oportunidades. A adoção de uma abordagem integrada, que considere a inovação tecnológica, a colaboração entre diferentes setores, é essencial para que as empresas alcancem um desenvolvimento sustentável e se posicionem de maneira competitiva no cenário global.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, S. R. L. **Gerenciamento da qualidade**. Petrópolis: FGV, 2010.
- CAMPOS, V. F. **TQC Controle da qualidade total** (no estilo japonês). 8 ed. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1999.
- CARVALHO, M. M. *et al.* **Gestão da qualidade: teoria e casos**. 2 ed. Elsevier: ABEPRO, 2012.
- CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. São Paulo: Campus, 2000.
- CUMMINGS, T. G.; WORLEY, C. G. **Organization Development and Change**. Virgínia: South-Western College Pub, 2004.
- DEMING, W. E. **Out of the Crisis**. Cambridge: MIT Press, 1986.
- EPSTEIN, S. R. **Guilds, Innovation and the European Economy, 1400–1800**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário Aurélio básico da língua portuguesa**. São Paulo: Nova Fronteira/Folha São Paulo, 1994.
- FORD, H. **My Life and Work**. New York: Doubleday, Page & Company, 1922.
- FPT SOFTWARE. **A indústria 5.0 e o impacto da inteligência artificial na qualidade e sustentabilidade**. São Paulo: FPT Software, 2024.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GONÇALVES, V. M. **Excelência no atendimento**. São Paulo: Pioneira, 2005.
- GORDON, Ian. **Marketing de relacionamento**. 4ª ed. São Paulo. Futura, 2000.
- GRASSO, A. **Industry 5.0 will bridge automation to human-machine collaboration**. 2024. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/industry-50-bridge-automation-human-machine-antonio-grasso-rrjle/>>. Acesso em: 16 ago. 2024.
- HUDIBURG, J. J. **Vencer com qualidade**. São Paulo: Atlas, 1991.
- ISO. **ISO 9000: Quality Management Systems – Fundamentals and Vocabulary**. Geneva: International Organization for Standardization, 2015.
- JURAN, J. M. **"Quality and its assurance: overview"**. Segundo simpósio da Nato sobre qualidade e sua obtenção. Londres, 1989.
- KAPPES, L. **Pressupostos para implantação e gestão de projetos orientados para indústria 4.0**. 2023.
- MCKENNA, R. **Marketing de relacionamento: estratégias bem-sucedidas para a era do**

cliente. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

McKINSEY & COMPANY. **Seis prioridades dos CEOs em 2023.** Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/six-priorities-for-ceos-in-2023>>. Acesso em: 18 out. 2024.

NOVOCHADLO, Y. M. **Implantação de conceitos e tecnologias da indústria 4.0 na gestão da qualidade de uma empresa de médio porte.** 2024.

NUNO, **O contributo da inovação social para a Indústria 5.0.** 2023. Disponível em: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/86843/1/Nuno%20Renato%20de%20Castro%20Nunes%20Alves.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2024.

PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

PASQUINI, N. C. **As Revoluções Industriais: uma abordagem conceitual.** 2020. Disponível em: <www.fatec.edu.br>. Acesso em: 16 ago. 2024.

PINHEIRO, I. N.; RODRIGUES, J. M. S., RAMOS, R. E. B., **Um estudo de construtos que levam à satisfação e à lealdade do cliente.** Bauru: IX SIMPEP, 2002.

PIRES, J. C. S.; MACÊDO, K. B. Cultura organizacional em organizações públicas no Brasil. **Revista de Administração Pública.** Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rap/v40n1/v40n1a05.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2024.

POSSARLE, R. **Ferramentas da qualidade.** São Paulo: Kindle, 2014.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QUEIRÓZ, M. F. F.; SOUZA, E. A.; REGINALDO, I. O. R. **Indústria 4.0 e trabalho 0.4: colonialismo digital e a intensificação do trabalho.** 2024. Disponível em: <<https://orcid.org/0000-0003-2701-3939>>. Acesso em: 15 nov. 2024

SALESFORCE. **Transformações da experiência do cliente e personalização no setor automotivo com IA.** Salesforce Research, 2024. Disponível em: <<https://www.salesforce.com/research/automotive-ia>>. Acesso em: 14 nov. 2024.

SANTANA, I. T. S.; JANKOWIRSCH, J. **A sociedade 5.0 e a quinta Revolução Industrial: seus benefícios e adversidades – um estudo de caso.** 2021. Disponível em: <www.icmreview.com>. Acesso em: 16 ago. 2024.

SERNAUTO. **Informe integrado 2022.** 2022. Disponível em: <<https://www.sernauto.es/storage/publicaciones/memoria-anual-2022-sernauto-3537.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2024.

SHEWHART, W. A. **Economic Control of Quality of Manufactured Product.** New York: Van Nostrand, 1931.

SILVA, J. **Indústria Têxtil 4.0 e 5.0: Um Estudo Bibliográfico.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2023.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Operations Management*. 9th ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2019.

SOUZA, D. **A revolução da indústria 5.0: aumentando a produtividade das grandes empresas por meio das automações inteligentes.** 2023. Disponível em: <<https://www.bit9.com.br/revolucao-da-industria/>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

TAYLOR, F. W. *The Principles of Scientific Management*. New York: Harper & Brothers, 1911.

TORTORELLA, G. L.; FETTERMANN, D. C. *Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies*. International Journal of Production Research, v. 56, n. 8, p. 2975-2987, 2018.

WILKINSON, T. *The Rise and Fall of Ancient Egypt*. New York: Random House, 2010.

ZANELLI, J. C.; BORGES-ANDRADE, J. E.; BASTOS, A. V. B. **Psicologia, organizações e trabalho no Brasil**. Porto Alegre: Artmed, 2004.