


INTEGRAÇÃO ENTRE GESTÃO DA QUALIDADE E INDÚSTRIA 4.0: EVIDÊNCIAS DA LITERATURA CIENTÍFICA

INTEGRATION BETWEEN QUALITY MANAGEMENT AND INDUSTRY 4.0: EVIDENCE FROM THE SCIENTIFIC LITERATURE

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.045-006>

Alexandre da Silva Barbosa

Graduando em Administração
UniCatólica

E-mail: alexandre.barbosa@a.catolica-to.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7785-9667>

Leonardo de Andrade Carneiro

Doutor em Desenvolvimento Regional
UniCatólica

E-mail: leodpalmas@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2388-7516>

Clessys Jácome

Graduando em Administração
UniCatólica

E-mail: Clessys38@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2803-6627>

Gabriel Rezende Cunha

Graduando em Administração
UniCatólica

E-mail: gabriel.rcunha@a.catolica-to.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8091-9098>

Renato Maceno Carvalho

Graduando em Administração
UniCatólica

E-mail: renatamacenocarvalho@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8988-1859>

Théo Inacio Mesquita

Cursando Administração
UniCatólica

E-mail: inaciomesquitatheo@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0009-0008-1878-8103>

Márcio Sousa Ribeiro

Especialista em Gestão Estratégica de Recursos Humanos

UniCatólica

E-mail: marcio.sousa@a.catolica-to.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3366-2323>

RESUMO

A digitalização dos sistemas produtivos tem provocado mudanças nas práticas de gestão da qualidade, especialmente com a incorporação de tecnologias associadas à *Industry 4.0*. Nesse contexto, surge o conceito de *Quality 4.0*, que integra princípios tradicionais da gestão da qualidade a tecnologias digitais voltadas ao monitoramento e análise de processos. Este estudo teve como objetivo analisar as principais ferramentas digitais aplicadas à gestão da qualidade e identificar os impactos de sua utilização na implementação do *Quality 4.0*. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura orientada pelo protocolo *PRISMA*, com buscas em bases científicas internacionais. Após aplicação dos critérios de elegibilidade, foram selecionados 11 artigos para análise. Os resultados indicam que tecnologias como *Internet of Things*, *Big Data Analytics*, inteligência artificial e *cloud computing* ampliam a capacidade de monitoramento dos processos produtivos e favorecem decisões baseadas em dados. Contudo, sua implementação envolve desafios relacionados à integração de sistemas, infraestrutura digital e capacitação profissional.

Palavras-chave: *Quality 4.0*; Gestão da qualidade; *Industry 4.0*; Tecnologias digitais.

ABSTRACT

The digitalization of production systems has led to significant changes in quality management practices, particularly through the incorporation of technologies associated with Industry 4.0. In this context, the concept of Quality 4.0 emerges, integrating traditional quality management principles with digital technologies aimed at process monitoring and analysis. This study aimed to analyze the main digital tools applied to quality management and to identify the impacts of their use on the implementation of Quality 4.0. To achieve this objective, a systematic literature review was conducted following the PRISMA protocol, with searches performed in international scientific databases. After applying the eligibility criteria, 11 articles were selected for analysis. The results indicate that technologies such as the Internet of Things, Big Data Analytics, artificial intelligence, and cloud computing enhance the monitoring capacity of production processes and support data-driven decision-making. However, their implementation involves challenges related to system integration, digital infrastructure, and professional training.

Keywords: Quality 4.0; Quality management; Industry 4.0; Digital technologies.

1 INTRODUÇÃO

A gestão da qualidade consolidou-se ao longo do século XX como um campo estruturado de práticas organizacionais voltadas ao controle de processos, à redução da variabilidade e à melhoria contínua do desempenho produtivo. Inicialmente centrada em atividades de inspeção e verificação do produto final, a área evoluiu para abordagens sistêmicas que integram planejamento, controle e melhoria dos processos organizacionais. Nessa perspectiva, a qualidade passa a ser compreendida como resultado de um conjunto articulado de métodos, ferramentas e práticas gerenciais voltadas à satisfação do cliente e à eficiência das operações (Carpinetti, 2016; Berssaneti, 2013).

A literatura sobre gestão da qualidade destaca que a consolidação desses sistemas ocorreu com o desenvolvimento do *Total Quality Management (TQM)*, abordagem que enfatiza a melhoria contínua, a orientação ao cliente e a participação organizacional no aperfeiçoamento dos processos. Nesse modelo, a qualidade deixa de ser uma atividade restrita ao controle final do produto e passa a integrar o funcionamento global da organização. Métodos como controle estatístico de processo, análise de causa e efeito e ciclos sistemáticos de melhoria constituem instrumentos fundamentais para identificar variações nos processos produtivos e implementar ações corretivas e preventivas (Borrás *et al.*, 2013; Oliveira, 2014).

No contexto da administração da produção, a qualidade também é reconhecida como um dos principais objetivos de desempenho das operações. Slack, Brandon-Jones e Johnston (2013) argumentam que os sistemas produtivos buscam equilibrar diferentes dimensões operacionais, entre as quais se destacam qualidade, custo, velocidade, confiabilidade e flexibilidade. Assim, melhorias na gestão da qualidade tendem a produzir efeitos amplos no desempenho organizacional, uma vez que contribuem para reduzir desperdícios, minimizar retrabalho e aumentar a confiabilidade dos processos produtivos.

A implementação de programas organizacionais baseados na qualidade total envolve mudanças estruturais nos processos de gestão e na cultura organizacional. A adoção desses sistemas exige planejamento, padronização de procedimentos e desenvolvimento de competências profissionais voltadas à melhoria contínua. Nesse sentido, Montenegro (1994) destaca que a implantação de sistemas de qualidade depende da reorganização das rotinas produtivas e do comprometimento gerencial com os processos de melhoria. De forma semelhante, Lobo (2010) argumenta que a efetividade desses programas está relacionada à integração entre tecnologia, práticas gerenciais e capacitação da força de trabalho.

Nas últimas décadas, entretanto, transformações tecnológicas associadas à chamada Quarta Revolução Industrial passaram a modificar significativamente o ambiente em que os sistemas de gestão da qualidade operam. A *Industry 4.0* caracteriza-se pela integração entre sistemas físicos e digitais, pela utilização de sensores inteligentes e pela crescente aplicação de tecnologias avançadas de informação para monitoramento e análise de processos produtivos. Esse contexto tecnológico amplia a capacidade das organizações de coletar, processar e analisar grandes volumes de dados operacionais em tempo real.

Diante dessas transformações, a literatura recente passou a utilizar o termo *Quality 4.0* para descrever a integração entre princípios tradicionais de gestão da qualidade e tecnologias digitais associadas à *Industry 4.0*. Essa abordagem envolve a incorporação de ferramentas como *Internet of Things*, *Big Data Analytics*, inteligência artificial e *cloud computing* aos sistemas de gestão da qualidade. A utilização dessas tecnologias permite ampliar a capacidade de monitoramento dos processos produtivos, automatizar análises e apoiar a tomada de decisão baseada em dados.

A digitalização da gestão da qualidade altera, portanto, a lógica tradicional de controle organizacional. Em modelos convencionais, o monitoramento da qualidade ocorre frequentemente por meio de inspeções posteriores e análises baseadas em amostragem. Em ambientes produtivos digitalizados, sensores e sistemas analíticos permitem acompanhar continuamente o desempenho dos processos e identificar desvios operacionais de forma antecipada. Como consequência, as organizações passam gradualmente de modelos predominantemente reativos de controle para sistemas preditivos de gestão da qualidade.

Apesar dessas possibilidades tecnológicas, a implementação do *Quality 4.0* apresenta desafios relevantes. A adoção de tecnologias digitais na gestão da qualidade envolve dificuldades relacionadas à integração de sistemas informacionais, à governança de dados e à capacitação da força de trabalho. Além disso, mudanças organizacionais necessárias para a digitalização dos processos podem gerar resistência interna e exigir adaptações culturais significativas.

Diante desse contexto, torna-se relevante compreender de que maneira as tecnologias da *Industry 4.0* estão sendo incorporadas aos sistemas de gestão da qualidade e quais impactos produzem nas organizações. Assim, este estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa: *quais ferramentas digitais da Industry 4.0 estão sendo utilizadas na gestão da qualidade e quais impactos produzem na implementação do paradigma Quality 4.0 nas organizações?*

O objetivo geral da pesquisa consiste em analisar as principais ferramentas digitais da *Industry 4.0* aplicadas à gestão da qualidade e avaliar os impactos decorrentes de sua utilização na implementação do *Quality 4.0* no contexto organizacional. Especificamente, pretende-se identificar as tecnologias mais recorrentes na literatura, examinar de que forma essas ferramentas modificam práticas tradicionais de controle da qualidade e analisar os benefícios e desafios associados à sua adoção.

Ao articular fundamentos clássicos da gestão da qualidade com evidências recentes sobre digitalização dos sistemas produtivos, este estudo busca contribuir para a compreensão das transformações contemporâneas nos modelos de gestão da qualidade e para a análise do papel das tecnologias digitais na evolução das práticas organizacionais de controle e melhoria de processos.

2 METODOLOGIA

2.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A presente investigação foi conduzida por meio de uma revisão sistemática da literatura, orientada pelas diretrizes do protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)*. Esse protocolo estabelece procedimentos estruturados para identificação, seleção e síntese de estudos científicos, permitindo maior transparência e reprodutibilidade no processo de revisão. A adoção desse método justifica-se pela necessidade de reunir e analisar evidências científicas sobre a aplicação de tecnologias da *Industry 4.0* na gestão da qualidade, particularmente no contexto do conceito de *Quality 4.0*. O objetivo da revisão consistiu em identificar quais tecnologias digitais estão sendo utilizadas nos sistemas de gestão da qualidade e quais impactos organizacionais são relatados na literatura.

2.2 ESTRATÉGIA DE BUSCA

A estratégia de busca foi definida a partir da combinação de descritores relacionados à gestão da qualidade e às tecnologias digitais associadas à *Industry 4.0*. As buscas foram realizadas em março de 2026 nas bases de dados Scopus, Web of Science, ScienceDirect e Google Scholar, selecionadas por sua ampla cobertura de periódicos científicos nas áreas de engenharia de produção, gestão da qualidade e transformação digital. A busca foi conduzida utilizando operadores booleanos e descritores em inglês, idioma predominante na literatura científica internacional. A *string* de busca foi estruturada da seguinte forma: (“Quality 4.0” OR “Digital Quality Management” OR “TQM 4.0”) AND (“Industry 4.0” OR “Smart Manufacturing” OR “Digital Transformation”) AND (“Artificial Intelligence” OR “Machine Learning” OR “Internet of Things” OR “Big Data” OR “Blockchain”) AND (“Quality Management” OR “Process Control” OR “Operational Performance”). Essa combinação permitiu recuperar estudos que abordam simultaneamente a gestão da qualidade e o uso de tecnologias digitais em ambientes industriais.

2.3 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE E SELEÇÃO DOS ESTUDOS

A seleção dos estudos foi realizada com base no modelo PICOS (*Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Study design*), frequentemente utilizado em revisões sistemáticas. A população considerada correspondeu a organizações industriais e setores de manufatura que adotam tecnologias da *Industry 4.0* em seus sistemas produtivos. A intervenção analisada envolveu a aplicação de tecnologias digitais na gestão da qualidade, incluindo *Internet of Things, Big Data Analytics, inteligência artificial, machine learning, cloud computing* e *blockchain*. Como comparação, foram consideradas práticas tradicionais de gestão da qualidade, como *Total Quality Management, Lean Manufacturing* e *Six Sigma*. Os desfechos analisados incluíram impactos organizacionais associados à digitalização da qualidade, tais como

melhoria do controle de processos, redução de defeitos, aumento da eficiência operacional e aprimoramento da tomada de decisão baseada em dados.

O processo de seleção seguiu as etapas recomendadas pelo protocolo *PRISMA*. Inicialmente foram identificados 221 registros nas bases consultadas. Após a remoção de duplicatas, permaneceram 183 estudos para análise preliminar. Em seguida foi realizada a leitura de títulos e resumos, etapa na qual foram excluídos estudos que abordavam exclusivamente aspectos técnicos de tecnologias digitais sem relação com gestão da qualidade. Após essa triagem, 74 artigos foram selecionados para leitura integral. Na etapa de elegibilidade, os artigos foram analisados integralmente considerando sua aderência aos critérios definidos. Ao final do processo, 11 artigos foram considerados elegíveis e incluídos na síntese final da revisão sistemática.

2.4 EXTRAÇÃO E SÍNTESE DOS DADOS

A extração das informações foi realizada por meio de um formulário padronizado elaborado para sistematizar os dados relevantes dos estudos selecionados. Para cada artigo foram registrados os autores, ano de publicação, contexto do estudo, tecnologia digital analisada, área de aplicação na gestão da qualidade e principais impactos observados. Esse procedimento permitiu organizar as evidências disponíveis e facilitar a comparação entre os estudos analisados. Considerando a diversidade metodológica dos artigos selecionados, optou-se por realizar uma síntese narrativa dos resultados. A análise foi estruturada em três dimensões principais: tecnologias digitais aplicadas ao *Quality 4.0*, impactos organizacionais decorrentes da digitalização da gestão da qualidade e desafios associados à implementação dessas tecnologias nas organizações. Essa abordagem possibilitou identificar padrões recorrentes na literatura e compreender de que forma as tecnologias da *Industry 4.0* contribuem para a transformação dos sistemas de gestão da qualidade.

3 RESULTADOS

A análise dos 11 artigos selecionados evidenciou que a literatura recente sobre *Quality 4.0* concentra-se principalmente na integração entre os princípios tradicionais da gestão da qualidade e as tecnologias digitais associadas à *Industry 4.0*. Os estudos analisados apresentam diferentes abordagens metodológicas, incluindo estudos conceituais, revisões de literatura e pesquisas empíricas aplicadas a ambientes industriais. Apesar dessas diferenças, observa-se convergência quanto ao papel das tecnologias digitais na ampliação da capacidade de monitoramento, análise e controle dos processos produtivos.

De modo geral, os resultados indicam que a digitalização da gestão da qualidade não representa substituição dos princípios tradicionais da qualidade, mas sua ampliação por meio de novas infraestruturas informacionais e analíticas. Conforme discutem Borrás *et al.* (2013), os sistemas de gestão da qualidade

baseiam-se em métodos estruturados de monitoramento e melhoria de processos. Nesse sentido, tecnologias digitais atuam como instrumentos capazes de ampliar a capacidade de coleta, processamento e interpretação de dados operacionais, fortalecendo práticas já consolidadas na literatura da qualidade.

A análise comparativa dos estudos permitiu identificar três dimensões recorrentes na literatura: tecnologias de coleta de dados, tecnologias de análise e tecnologias de integração organizacional. Essas dimensões correspondem às funções exercidas pelas tecnologias digitais nos sistemas de gestão da qualidade.

3.1 TECNOLOGIAS DIGITAIS APLICADAS AO *QUALITY 4.0*

A primeira dimensão refere-se às tecnologias utilizadas para coleta e monitoramento de dados operacionais nos sistemas produtivos. Entre essas tecnologias destaca-se a *Internet of Things (IoT)*, frequentemente mencionada nos estudos analisados. Sensores conectados permitem monitorar máquinas, processos e condições operacionais em tempo real, ampliando significativamente a visibilidade das operações industriais. Esse monitoramento contínuo possibilita identificar desvios de qualidade com maior rapidez em comparação com sistemas tradicionais baseados em inspeções periódicas.

Além das tecnologias de coleta de dados, os estudos também destacam o papel das ferramentas analíticas associadas ao processamento de grandes volumes de informação. Tecnologias como *Big Data Analytics*, inteligência artificial e algoritmos de *machine learning* permitem identificar padrões operacionais complexos, detectar anomalias e antecipar falhas nos processos produtivos. Essas capacidades ampliam as possibilidades de aplicação das ferramentas tradicionais da qualidade, uma vez que permitem analisar grandes quantidades de dados operacionais provenientes de sensores e sistemas produtivos.

Outra categoria tecnológica frequentemente mencionada na literatura refere-se às plataformas digitais de integração organizacional, como sistemas *Enterprise Resource Planning (ERP)* e infraestruturas baseadas em *cloud computing*. Essas tecnologias permitem integrar informações provenientes de diferentes áreas organizacionais, incluindo produção, logística, manutenção e gestão da qualidade, facilitando o monitoramento integrado dos processos produtivos.

Alguns estudos também destacam o uso de tecnologias emergentes, como *blockchain* e *digital twins*, que ampliam a capacidade das organizações de rastrear informações ao longo das cadeias produtivas e simular cenários operacionais para apoiar decisões gerenciais.

3.2 IMPACTOS ORGANIZACIONAIS DA DIGITALIZAÇÃO DA QUALIDADE

Os estudos analisados indicam que a implementação de tecnologias associadas ao *Quality 4.0* produz impactos relevantes no desempenho organizacional. Entre os efeitos mais frequentemente relatados

destacam-se a melhoria do controle de processos, a redução de defeitos e o aumento da eficiência operacional.

A utilização de sensores e sistemas analíticos permite monitorar continuamente o desempenho dos processos produtivos, reduzindo o intervalo entre a ocorrência de desvios e a implementação de ações corretivas. Essa capacidade contribui para melhorar a estabilidade dos processos e reduzir variações indesejadas na produção.

Além disso, a incorporação de ferramentas analíticas avançadas amplia a capacidade das organizações de utilizar dados operacionais na tomada de decisão. Modelos baseados em inteligência artificial e análise de dados permitem identificar tendências operacionais e antecipar possíveis falhas, contribuindo para o desenvolvimento de sistemas de gestão da qualidade com maior capacidade preditiva.

No âmbito da administração da produção, melhorias na gestão da qualidade tendem a produzir efeitos positivos em outras dimensões de desempenho organizacional. Slack, Brandon-Jones e Johnston (2013) destacam que a qualidade está diretamente relacionada à confiabilidade e à eficiência dos sistemas produtivos. Dessa forma, a digitalização da gestão da qualidade contribui para reduzir desperdícios, minimizar retrabalho e aumentar a estabilidade das operações industriais.

3.3 DESAFIOS E BARREIRAS À IMPLEMENTAÇÃO DO *QUALITY 4.0*

Apesar dos benefícios observados, os estudos analisados também apontam diversos desafios associados à implementação do *Quality 4.0*. Entre os principais obstáculos destacam-se a integração de sistemas informacionais, a necessidade de infraestrutura digital adequada e a capacitação da força de trabalho.

A integração de sistemas legados com novas tecnologias digitais constitui uma das principais dificuldades enfrentadas pelas organizações. Muitas empresas possuem sistemas produtivos desenvolvidos antes da digitalização industrial, o que dificulta a implementação de plataformas integradas de monitoramento e análise de dados.

Outro desafio relevante refere-se à capacitação dos trabalhadores. A implementação de tecnologias digitais na gestão da qualidade exige profissionais capazes de interpretar dados, utilizar ferramentas analíticas e compreender o funcionamento de sistemas digitais complexos. A ausência dessas competências pode limitar a efetividade das iniciativas de digitalização.

Além disso, aspectos organizacionais e culturais também influenciam a implementação do *Quality 4.0*. Conforme argumenta Montenegro (1994), programas de melhoria da qualidade dependem do comprometimento organizacional e da participação dos trabalhadores. No contexto da digitalização, mudanças tecnológicas frequentemente exigem adaptações culturais e reorganização das práticas de trabalho.

4 DISCUSSÃO

Os resultados da revisão indicam que o conceito de *Quality 4.0* corresponde a uma reconfiguração das práticas de gestão da qualidade em um contexto produtivo caracterizado pela digitalização dos sistemas organizacionais. Os estudos analisados convergem ao mostrar que tecnologias associadas à *Industry 4.0*, como *Internet of Things*, *Big Data Analytics*, inteligência artificial e *cloud computing*, ampliam a capacidade das organizações de monitorar, analisar e controlar processos produtivos.

Entretanto, as evidências indicam que essas tecnologias não substituem os princípios clássicos da gestão da qualidade. A literatura demonstra que sistemas de qualidade se estruturam por meio de métodos sistemáticos de controle e melhoria de processos, incluindo controle estatístico, análise de causas e ciclos contínuos de melhoria (Borrás *et al.*, 2013; Oliveira, 2014). Nesse sentido, as tecnologias digitais funcionam como instrumentos que ampliam o alcance analítico desses métodos, permitindo maior volume de dados, processamento mais rápido e identificação mais precisa de variações operacionais.

Essa interpretação reforça a continuidade entre os princípios do *Total Quality Management (TQM)* e as práticas associadas ao *Quality 4.0*. Enquanto o *TQM* estabeleceu a base conceitual da gestão da qualidade ao enfatizar melhoria contínua, orientação ao cliente e gestão por processos, as tecnologias digitais ampliam os instrumentos disponíveis para executar essas práticas. Assim, a digitalização da qualidade pode ser compreendida como evolução tecnológica dos sistemas de gestão existentes.

Outro aspecto relevante refere-se à relação entre gestão da qualidade e desempenho operacional. Slack, Brandon-Jones e Johnston (2013) argumentam que a qualidade constitui um dos principais objetivos de desempenho da produção, influenciando diretamente confiabilidade, eficiência e estabilidade dos sistemas produtivos. A incorporação de tecnologias digitais amplia a capacidade de monitoramento contínuo dos processos, reduzindo o intervalo entre identificação de desvios e implementação de ações corretivas.

Além disso, a digitalização da qualidade fortalece a integração entre indicadores operacionais e decisões estratégicas. Kaplan e Norton (1997) demonstram que o desempenho organizacional depende da articulação entre objetivos estratégicos e indicadores de desempenho. Plataformas digitais de monitoramento permitem acompanhar indicadores de qualidade em tempo real e relacioná-los às metas estratégicas da organização.

Apesar dessas possibilidades, a revisão também evidencia obstáculos relevantes na implementação do *Quality 4.0*. Entre os principais desafios identificados destacam-se a integração de sistemas informacionais, a necessidade de infraestrutura digital e a capacitação da força de trabalho. Esses resultados são consistentes com a literatura clássica sobre implantação de sistemas de qualidade. Montenegro (1994) observa que programas de melhoria da qualidade exigem mudanças organizacionais estruturais, incluindo treinamento, padronização de processos e comprometimento gerencial. Lobo (2010) acrescenta que a

efetividade desses sistemas depende da integração entre tecnologia, processos organizacionais e competências profissionais.

Dessa forma, a adoção de tecnologias digitais na gestão da qualidade depende não apenas da disponibilidade de recursos tecnológicos, mas da capacidade organizacional de integrá-los aos sistemas de gestão existentes. A ausência desse alinhamento pode limitar o potencial das tecnologias digitais e reduzir os benefícios associados à digitalização da qualidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou as principais ferramentas digitais da *Industry 4.0* aplicadas à gestão da qualidade e os impactos decorrentes de sua utilização no contexto do *Quality 4.0*. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura baseada nas diretrizes do protocolo *PRISMA*, que resultou na seleção de 11 artigos científicos relevantes.

A análise evidenciou que o *Quality 4.0* envolve a integração entre princípios tradicionais da gestão da qualidade e tecnologias digitais avançadas. Entre as tecnologias mais recorrentes destacam-se *Internet of Things*, *Big Data Analytics*, inteligência artificial, *cloud computing* e sistemas digitais de integração organizacional. Essas ferramentas ampliam a capacidade de coleta e análise de dados operacionais, permitindo monitoramento contínuo dos processos produtivos e maior precisão na identificação de desvios.

Os estudos analisados também indicam impactos relevantes no desempenho organizacional, especialmente no controle de processos, na redução de defeitos e na eficiência operacional. Sistemas digitais de monitoramento e análise contribuem para reduzir retrabalho, melhorar a estabilidade das operações e apoiar decisões gerenciais baseadas em evidências.

Entretanto, a implementação do *Quality 4.0* envolve desafios técnicos e organizacionais. A integração de sistemas informacionais, a necessidade de infraestrutura digital e a capacitação da força de trabalho aparecem como obstáculos recorrentes. Esses resultados indicam que a adoção de tecnologias digitais na gestão da qualidade exige não apenas investimentos tecnológicos, mas também mudanças relacionadas à gestão de processos, ao desenvolvimento de competências profissionais e à cultura organizacional.

Como limitação deste estudo, destaca-se que a revisão foi baseada em um conjunto restrito de artigos, o que pode limitar a generalização dos resultados. Além disso, a literatura sobre *Quality 4.0* ainda se encontra em fase de consolidação, com predominância de estudos conceituais e exploratórios.

Pesquisas futuras podem ampliar o escopo de investigação por meio de estudos empíricos em diferentes setores industriais, bem como analisar a relação entre maturidade digital das organizações e a efetividade das práticas associadas ao *Quality 4.0*. Em síntese, a digitalização dos sistemas de gestão da

qualidade configura uma tendência crescente nas organizações industriais, cujos resultados dependem da capacidade de integrar tecnologias digitais aos métodos consolidados de gestão da qualidade.

REFERÊNCIAS

- ANTONY, Jiju; SONY, Michael; MC DERMOTT, Owen. Lean Six Sigma and Industry 4.0 integration for operational excellence. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2021-0143>.
- BERSSANETI, Fernando Tobal. *Qualidade: conceitos e aplicações em produtos, projetos e processos*. São Paulo: Blucher, 2013.
- BORRÁS, Miguel Ángel Aires; MENDES, Glauco Henrique de Sousa; MERGULHÃO, Ricardo Coser; TOLEDO, José Carlos de. *Qualidade: gestão e métodos*. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. *Gestão da qualidade*. São Paulo: Atlas, 2016.
- CARVALHO, H.; SUGANO, J.; FERREIRA, F. Quality 4.0: concepts, technologies and implications for quality management. *Total Quality Management & Business Excellence*, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14783363.2021.1903780>.
- DA SILVA, A. C.; MACHADO, J.; SAMPAIO, P. Predictive quality model for customer defects. *The TQM Journal*, v. 36, n. 4, p. 102-120, 2024. <https://doi.org/10.1108/TQM-06-2023-0182>.
- GOMAA, A. H. From TQM to TQM 4.0: a digital framework for advancing quality excellence through Industry 4.0 technologies. *International Journal of Advanced Science and Engineering*, v. 21, 2025.
- KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P. *A estratégia em ação: Balanced Scorecard*. Tradução Luiz Euclides Trindade Frazão Filho. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997.
- LAHMINE, S.; BENNOUNA, F. Bridging classical quality tools and Industry 4.0: a data-driven framework for intelligent process control. *Journal of Machine Engineering*, v. 25, 2025.
- LASKURAIN-ITURBE, I.; et al. Assessing the uptake of Industry 4.0 technologies: barriers to their adoption and impact on quality management aspects. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 40, n. 3, p. 745-763, 2023. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2021-0077>.
- LOBO, Renato Nogueirol. *Gestão da qualidade*. São Paulo: Érica, 2010.
- MONTENEGRO, Roberto Alves de Lima. *Manual de implantação da qualidade total: passo a passo*. São Paulo: STS, 1994.
- OLIVEIRA, Otávio J. *Curso básico de gestão da qualidade*. São Paulo: Cengage Learning, 2014.
- RADZIWILL, Nicole. Quality 4.0: Let's get digital – the many ways the fourth industrial revolution is reshaping quality. *Quality Progress*, 2018.
- SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. *Princípios de administração da produção*. Tradução Ailton Bomfim Brandão. São Paulo: Atlas, 2013.

SONY, Michael; NAIDU, G. Quality 4.0 conceptualization and theoretical understanding: a global exploratory study. *The TQM Journal*, v. 32, n. 6, 2020. <https://doi.org/10.1108/TQM-11-2019-0278>.

THI BINH, A. D.; et al. Forging pathways to circular economy excellence: integrating Industry 4.0 with quality management. *Sustainability*, v. 16, n. 7, 2024. <https://doi.org/10.3390/su16072645>.

VAN, N. T. A.; et al. Quality 4.0 practices toward sustainable excellence in the manufacturing sector. *Total Quality Management & Business Excellence*, 2024. <https://doi.org/10.1080/14783363.2023.2291134>.