



A RELAÇÃO ENTRE A GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL E A INDÚSTRIA 4.0: UMA PROPOSTA DE MODELO TEÓRICO

The relationship between Total Quality management and Industry 4.0: a framework proposal

La relación entre la gestión de la Calidad Total y la Industria 4.0: una propuesta de modelo teórico

Kayke Augusto Barbosa Silva ¹, Paulo Henrique Amorim Santos ^{2*}, Daniele dos Reis Pereira Maia ³,
& Lo-Ruana Karen Amorim Freire Sanjulião ⁴

^{1 3 4} Universidade do Estado de Minas Gerais ² Universidade Federal do Paraná

¹ kayke.2149728@discente.uemg.br ^{2*} phas@ufpr.br ³ daniele.maia@uemg.br ⁴ loruana.freire@uemg.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 21.10.2025

Aprovado: 30.01.2026

Disponibilizado: 10.03.2026

PALAVRAS-CHAVE: Gestão da qualidade total; indústria 4.0; inovação; modelo teórico; revisão sistemática da literatura.

KEYWORDS: Total quality management; industry 4.0; innovation; theoretical model; systematic literature review.

PALABRAS CLAVE: gestión de la calidad total; industria 4.0; innovación; modelo teórico; revisión sistemática de la literatura.

*Autor Correspondente: Santos, P. H. A.

RESUMO

O potencial da Quarta Revolução Industrial vem sendo O potencial da Quarta Revolução Industrial vem sendo investigado simultaneamente à sua própria evolução. Nesse cenário ainda incipiente, destaca-se a necessidade de estudos que integrem abordagens de Gestão da Qualidade Total (TQM) às novas tecnologias da Indústria 4.0. Este artigo tem por objetivo propor um modelo teórico que relacione os princípios da TQM com os habilitadores tecnológicos da Indústria 4.0. Para isso, foi conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), complementada por técnicas de bibliometria descritiva e análise de redes sociais, a fim de identificar as principais conexões, lacunas e tendências do campo. Os resultados indicam um crescimento expressivo da produção científica a partir de 2019, com destaque para estudos que exploram Big Data Analytics, Inteligência Artificial e integração digital em sistemas de qualidade. O modelo teórico proposto oferece uma base conceitual sólida para futuras pesquisas empíricas e fornece subsídios para gestores industriais alinharem suas práticas de qualidade ao contexto da Indústria 4.0.

ABSTRACT

The potential of the Fourth Industrial Revolution is being investigated simultaneously with its ongoing evolution. In this emerging context, there is a growing need for studies that integrate Total Quality Management (TQM) principles with Industry 4.0 technologies. This article aims to propose a theoretical model linking TQM concepts with the technological enablers of Industry 4.0. To achieve this, a Systematic Literature Review (SLR) was conducted, complemented by descriptive bibliometrics and social network analysis techniques, to identify key relationships, research gaps, and field trends. The results reveal a significant increase in scientific output since 2019, with emphasis on studies exploring Big Data Analytics, Artificial Intelligence, and digital integration in quality systems. The proposed theoretical model provides a conceptual foundation for future empirical investigations and offers practical guidance for industrial managers seeking to align quality practices with the industry 4.0 paradigm.

RESUMEN

El potencial de la Cuarta Revolución Industrial está siendo investigado simultáneamente con su propia evolución. En este escenario aún emergente, se evidencia la necesidad de estudios que integren los principios de la Gestión de la Calidad Total (TQM) con las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0. El objetivo de este artículo es proponer un modelo teórico que relacione los fundamentos de la TQM con los componentes tecnológicos de la Industria 4.0. Para ello, se realizó una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL), complementada con técnicas de bibliometría descriptiva y análisis de redes sociales, con el fin de identificar las principales conexiones, vacíos y tendencias del campo. Los resultados muestran un aumento significativo en la producción científica a partir de 2019, destacando investigaciones sobre Big Data Analytics, Inteligencia Artificial e integración digital en sistemas de calidad. El modelo teórico propuesto ofrece una base conceptual sólida para futuras investigaciones empíricas y orienta a los gestores industriales en la adopción de prácticas de calidad acordes con el contexto de la Industria 4.0.

INTRODUÇÃO

Os saltos tecnológicos marcados por “Revoluções Industriais” culminaram no cenário atual, conhecido como Quarta Revolução Industrial (Lasi et al., 2014). Nos últimos anos, as indústrias estão cada vez mais aderindo à conexão digital e ao desenvolvimento e compartilhamento de informações (Ghobakhloo, 2020). Essa nova combinação de computadores interconectados, materiais inteligentes e máquinas inteligentes cria um ambiente inteligente também chamado de Indústria 4.0 (I4.0) (Gilchrist, 2016).

A I4.0 pode ser definida como sendo “o uso de métodos e produtos inteligentes, que são sustentados pelo levantamento e análise autônoma de dados e apresentam uma integração total, que visa operações eficientes e inteligentes” (Buer et al., 2018). A I4.0 é um conceito abrangente que envolve o aumento da interconectividade dos sistemas de fabricação auxiliada por novas tecnologias digitais (Tortorella & Fettermann, 2018; Kamble et al., 2019). A integração dessas tecnologias avançadas promove a digitalização e a automação dos processos industriais (Carvalho et al., 2022).

As tecnologias em questão têm o potencial de reduzir custos, aumentar a flexibilidade, acelerar processos, melhorar a qualidade e auxiliar na tomada de decisões (Mohamed, 2018; Olsen & Tomlin, 2020). A Quarta Revolução Industrial é uma nova fase para ambientes de fabricação que se tornarão mais inteligentes, altamente interconectados e conectados em tempo real (Saxby et al., 2020). Este conceito envolve a utilização de sistemas ciberfísicos, internet das coisas e inteligência artificial para criar fábricas inteligentes e sistemas de produção mais eficientes e adaptáveis (Carvalho et al., 2022).

Essa conectividade evolui os sistemas de informação de fabricação existentes para plataformas abertas, digitais e automatizadas (Kamble et al., 2019). Além de melhorar a eficiência operacional, a I4.0 tem como objetivo transformar modelos de negócios, proporcionando maior flexibilidade e capacidade de personalização para atender às demandas variáveis do mercado global.

Diferentemente das revoluções passadas, que foram examinadas após serem estabelecidas, as pesquisas sobre a potencial Quarta Revolução Industrial estão sendo conduzidas de forma simultaneamente com a sua evolução (Cuenca et al., 2018). Neste cenário, por ser um campo de pesquisa incipiente ainda se verifica uma lacuna sobre diversas temáticas que envolvem o atual segmento industrial, dentre os quais cita-se a relação entre a Gestão da Qualidade Total (do inglês, Total Quality Management - TQM) e a I4.0.

A TQM é frequentemente referenciada como um programa de melhoria contínua organizado e abrangente (Santos & Martins, 2020). A aplicação da TQM traz alguns aspectos positivos a organização, dentre os quais citam-se: desenvolvimento contínuo dos produtos/processos; potencialização dos resultados financeiros; aprovação dos clientes internos/externos; treinamento dos funcionários e gestão eficiente dos recursos (Silveira et al., 2016). Entretanto, mesmo com essas diversas vantagens, sua implementação é desafiadora e consideravelmente impactada por elementos decisivos de sucesso (Ciano et al., 2019). O processo de implementação do TQM necessita da colaboração e empenho de todas as vertentes da empresa, sendo de suma importância a contribuição dos gestores e líderes, engajamento dos colaboradores e capacitação dos funcionários, com o intuito de obter resultados de excelência (Silveira et al., 2016).

Embora a Indústria 4.0 crie oportunidades, ela também levanta novos desafios para a gestão de operações e para a gestão da qualidade (Mohamed, 2018; Olsen & Tomlin, 2020). Ainda não está claro como a integração das tecnologias da Indústria 4.0 em ambientes de produção existentes pode apoiar a melhoria contínua (Tortorella & Fettermann, 2018). Os programas atuais de melhoria contínua são focados nas pessoas, e como esses podem funcionar em um ambiente automatizado ainda precisa ser mais explorado (Saxby et al., 2020).

Teoricamente, organizações podem se beneficiar de ciclos de melhoria de processos baseados em dados, integrando tecnologias da Indústria 4.0, com coleta, compartilhamento, análise, otimização e *feedback* (Buer et al., 2018). Esses sistemas de produção inteligentes podem diagnosticar-se autonomamente e propor projetos de melhoria contínua (Alavian et al., 2020). Cita-se que as organizações podem combinar manufatura enxuta com tecnologias da Indústria 4.0 (muitas vezes referidas como Automação Enxuta) para alcançar melhor desempenho empresarial em dimensões de sustentabilidade, qualidade de produto e flexibilidade (Tortorella & Fettermann, 2018; Sony, 2018; Saxby et al., 2020; Chiarini et al., 2020).

Da mesma forma, o termo Qualidade 4.0 refere-se à digitalização do TQM e seu impacto na tecnologia, processos e pessoas de qualidade (Chiarini et al., 2020). Portanto, novas pesquisas são necessárias para explorar ainda mais o potencial das tecnologias da Indústria 4.0 na promoção de programas de melhoria (Arcidiacono & Pieroni, 2018). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi mapear o campo de pesquisa que relaciona a Indústria 4.0 e a TQM. Para esse fim, realizou-se um mapeamento científico da literatura, com base em técnicas de bibliometria descritiva e análise de redes sociais, a fim de identificar as principais conexões, lacunas e tendências do campo de estudo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

INDÚSTRIA 4.0

As fases de desenvolvimento da I4.0, conhecida também como Quarta Revolução Industrial, chegaram à forma vigente através da combinação das revoluções industriais antecedentes com informações digitais de tecnologias em desenvolvimento, em um processo evolutivo que se desenrolou por décadas (Johnson, 2019).

A Primeira Revolução Industrial, também denominada, “Mecanização”, deu início à produção mecânica e uso de máquinas a vapor na indústria. Já a Segunda Revolução Industrial, conhecida como “Eletrificação”, trouxe desenvolvimentos-chave, dentre os quais citam-se a produção em larga escala e as linhas de montagem movidas à eletricidade. E a terceira revolução, chamada de “Digitalização” é caracterizada por avanços na produção autônoma por meio do uso de eletrônica e Tecnologia da Informação (TI) (Asif, 2020).

O intuito da I4.0 é ampliar a eficiência e produtividade operacional através de um processo produtivo autônomo e dinâmico, que engloba tecnologias de informação e comunicação visando possibilitar uma produção em larga escala de produtos com um elevado grau de customização (Tortorella & Fettermann, 2018). Ao modificar as indústrias em unidades produtivas autossuficientes e digitalizadas, o objetivo buscará melhorar a utilização dos recursos, otimizar a qualidade dos produtos, aumentar a velocidade e flexibilidade dos processos industriais e reduzir os custos (Črešnar et al., 2020). Assim, o êxito na integração possibilita uma rápida capacidade de adaptação no mercado e prever, antecipar a demanda dos clientes. Sendo que a I4.0 almeja também impulsionar a sustentabilidade, a inovação e a competitividade (Črešnar et al., 2020).

Ademais, várias tecnologias suportam a I4.0, como sistemas ciberfísicos, internet das coisas e Big Data Analytics (Frontoni et al., 2018; Kamble et al., 2019), com invenções mais modernas apresentando combinações entre o virtual e o físico (Tabela 1).

Tabela 1. Principais tecnologias da I4.0

| Tecnologia | Definição | Autor |
|-----------------------------|---|-----------------------------|
| Internet das Coisas (IoT) | Rede de dispositivos físicos e virtuais que se comunicam e interagem entre si | Mascarenhas et al., (2021) |
| Big Data Analytics | Conjunto de dados cuja dimensão ultrapassa a capacidade de captura, armazenamento e análise de um software de banco de dados típico | Nascimento et al., (2017) |
| Sistemas Ciberfísicos (CPS) | Sistemas altamente complexos e multidisciplinares que integram componentes físicos e virtuais, combinando elementos de computação e fenômenos físicos na parte cibernética | Maciel (2019) |
| Computação em Nuvem | Um modelo que permite acesso conveniente e onipresente a redes, servidores, armazenamento, aplicativos e serviços. Estes recursos são configuráveis conforme a necessidade dos usuários | Cândido & Araújo Jr. (2022) |
| Inteligência Artificial | Capacidade de dispositivos eletrônicos operarem de maneira que simula o pensamento humano, ou seja, a capacidade de raciocinar. Máquinas interpretam dados, aprendem e executam tarefas específicas | ABT (2023) |
| Blockchain | Protocolo de transação descentralizado que utiliza uma rede <i>peer-to-peer</i> para transações entre participantes não-confiáveis, sem necessidade de uma autoridade central | Lima (2022) |

Fonte: Autores (2024).

GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL

Gestão da Qualidade Total (do inglês, Total Quality Management - TQM) é um termo cujas origens podem ser rastreadas até meados da década de 1980 como uma substituição ao termo americano anteriormente usado, Total Quality Control (TQC) (Martínez-Lorente et al., 1998). Embora as origens do TQC sejam atribuídas a Feigenbaum, a filosofia do TQM também engloba as ideias de gestão da qualidade de Juran e Ishikawa (Feigenbaum, 1961; Juran et al., 1974; Ishikawa, 1985; Martínez-Lorente et al., 1998). Esses autores acreditavam que todas as partes separadas de uma empresa devem trabalhar juntas para alcançar o controle da qualidade e um bom relacionamento com os clientes (Feigenbaum 1961; Ishikawa, 1990).

Em outras palavras, a TQM pode ser entendida como doutrina dedicada a cultura de qualidade da empresa (Črešnar et al., 2020). Tendo como premissa que todos os colaboradores devem desempenhar suas funções da melhor maneira possível, de modo a entregar elevados padrões de qualidade nos resultados das atividades desempenhadas (Psarommatis et al., 2020). Com a abordagem enfatizando diversas percepções, como Deming (1979) e Crosby (1979) ≈, de que a inspeção por amostragem deve ser suprimida. As diferenças nas visões desses cinco autores de gestão da qualidade são complementadas nos anos seguintes com os elementos "benchmarking" e "gestão da cadeia de suprimentos" (Martínez-Lorente et al., 1998).

A TQM representa a Quarta Era da Gestão da Qualidade ao apresentar uma abordagem global de gestão da qualidade, abrangendo toda a rede de valor e destacando os recursos humanos (Ciano et al., 2019). Alicerçada por três pilares: "valores", "ferramentas" e "metodologias", que têm o intuito de atender com êxito as expectativas dos mais variados clientes, a TQM faz uso de uma menor quantidade de recursos (Asif, 2020). O foco nos consumidores e nos processos, o progresso contínuo e as decisões fundamentadas em evidências são exemplos dos "valores" dela. Diagramas e matrizes são exemplos de "ferramentas" aplicadas neste seguimento embasadas em metodologias específicas, para alcançar os referidos valores, já as "metodologias" podem ser definidas como maneiras de trabalho que representam uma sequência de atividades (Asif, 2020).

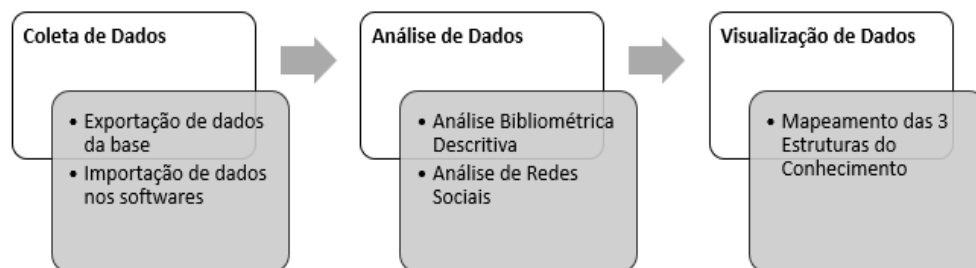
Assim, a TQM ganhou muita importância nas últimas décadas tanto para gestores quanto para acadêmicos (Bajaj et al., 2018). Motivado por suas dez dimensões, o programa é reconhecido como o paradigma de melhoria abrangente mais importante na economia moderna para a excelência organizacional (Slack et al., 2010; Goetsch; Davis, 2013; Kaur et al., 2019). Além disso, suas práticas e fatores de implementação bem-sucedida são bem reconhecidos pela literatura (Sila & Ebrahimpour, 2003; Talib et al., 2011; Kutlu & Kadaifci, 2014).

MÉTODO DE PESQUISA

MAPEAMENTO CIENTÍFICO

O método de pesquisa utilizado neste estudo foi o mapeamento científico que combina abordagens de bibliometria descritiva e análise de redes sociais (Aria & Cuccurullo, 2017). Esta abordagem é recomendada para examinar um domínio de estudo de forma ampla, identificando padrões na literatura através de análises e representações visuais (Zupic & Cater, 2015). O protocolo empregado para o mapeamento científico é fundamentado nas orientações de Aria e Cuccurullo (2017) (Figura 1).

Figura 1. Etapas do Mapeamento Científico



Fonte: Adaptado de Aria e Cuccurullo (2017).

Coleta: Escolheu-se a base indexadora Web of Science (WoS) por sua referência pelo DOI, evitando erros de processamento. As “strings” (termos) e “operadores booleanos” foram: "total quality management" AND ("industr* 4.0" OR "smart manufacturing" OR "big data" OR "internet of thing*" OR "artificial intelligence" OR "deep learning" OR "machine learning" OR "RFID" OR "cyber-physical system*" OR "additive manufacturing" OR "3D printing" OR "cloud computing" OR "augmented reality" OR "virtual reality" OR "digital twin*" OR "cyber security" OR "blockchain"). Com todos os artigos encontrados considerados elegíveis.

Análise: a amostra inicial foi processada utilizando o pacote R Bibliometrix[®] v.4.1. e software VosViewer[®] v.1.6.20 (Eck & Waltman, 2010; Aria & Cuccurullo, 2017). A análise bibliométrica descritiva facilita a identificação dos principais autores, periódicos e publicações de forma quantitativa (Zupic & Cater, 2015). Enquanto isso, a análise de redes sociais permite a construção de mapas que conectam documentos, autores e temas (Eck & Waltman, 2010).

Visualização dos dados: por meio do pacote R Bibliometrix[®] foram criados gráficos e tabelas para melhor interpretação das informações obtidas. Com estes verificou-se a estrutura do conhecimento e a forma de ocorrência da temática estudada (Cobo et al., 2011).

REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A revisão sistemática da literatura pode ajudar o pesquisador a comparar as informações que ele obteve com aquelas encontradas em trabalhos anteriores, uma vez que ela evidencia os estudos mais atuais que vêm sendo desenvolvidos (Brizola & Fantin, 2016). Apesar de não haver um único modo de realizá-la, essa metodologia costuma ser estruturada em fases: levantamento, seleção dos trabalhos, análise da qualidade das pesquisas escolhidas e exposição dos resultados encontrados (Morandi; Camargo, 2015) (Figura 2).

Figura 2. Etapas da Revisão Sistemática da Literatura



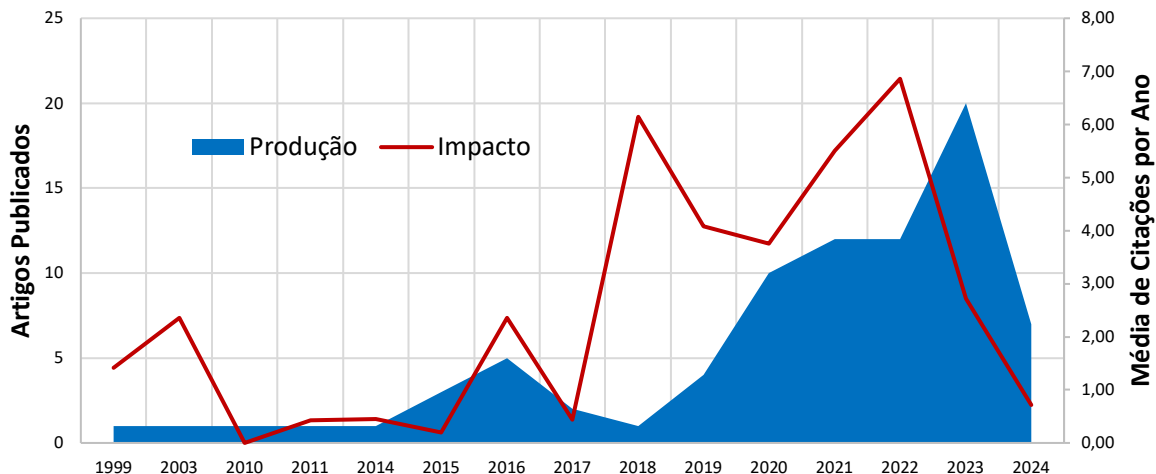
Fonte: Autores (2025).

RESULTADOS

Mapeamento Científico

Os dados necessários para a realização da pesquisa foram coletados em 15 de maio de 2024. Foram analisadas publicações de 1999 a 2024, e, como resultado, obteve-se um total de 81 conjuntos de metadados, dos quais 55 foram classificados como artigos. A princípio, por meio da análise da estrutura intelectual, que abrange a área de estudo, foi possível identificar a produção científica, bem como, seu impacto no que diz respeito à publicação de artigos e a média de citações por ano (Figura 3).

Figura 3. Produção científica e impacto



Fonte: Autores (2024).

Nota-se que a área de pesquisa é recente, sendo que a partir do ano de 2019, foi constatado um aumento significativo na produção científica, atingindo um montante de 20 publicações em 2023. No que concerne a taxa de crescimento anual, esta alcança um percentual de 8,09% ao ano. Os anos de 2018 e 2022 se destacam pelo impacto de suas publicações.

Observou-se também que a revista de maior destaque, tanto no que concerne a quantidade de publicação quanto pela familiaridade com o método TQM, é o TQM Journal, com 11 publicações. Destacando as revistas Total Quality Management & Business Excellence e Sustainability, com 7 e 4 publicações, respectivamente. Podendo ainda apontar que o Reino Unido é detentor da maioria dos periódicos mais conceituados, que apresentam em seu escopo a temática “Negócios” e “Gestão e Contabilidade”. Ademais, foram encontrados periódicos de expressivo impacto na Engenharia de Produção, dentre eles cita-se, o Sensors (Índice H = 245) e o International Journal of Production Research (Índice H = 186) (Figura 4).

Figura 4. Principais periódicos do campo

| Periódico | Artigos | País | Escopo | Cobertura | Índice H |
|---|---------|----------------|---|-----------|----------|
| TQM JOURNAL | 11 | Reino Unido | Negócios, Gestão e Contabilidade; Ciências da Decisão | 2008 | 79 |
| TOTAL QUALITY MANAGEMENT & BUSINESS EXCELLENCE | 7 | Reino Unido | Negócios, Gestão e Contabilidade | 2003 | 94 |
| SUSTAINABILITY | 4 | Suíça | Ciência da Computação; Energia; Ciência ambiental; Ciências Sociais | 2009 | 169 |
| INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH | 3 | Reino Unido | Negócios, Gestão e Contabilidade; Ciências da Decisão; Engenharia | 1970* | 186 |
| INTERNATIONAL JOURNAL OF LEAN SIX SIGMA | 2 | Reino Unido | Negócios, Gestão e Contabilidade; Ciências da Decisão; Engenharia | 2010 | 52 |
| INTERNATIONAL JOURNAL OF QUALITY AND SERVICE SCIENCES | 2 | Reino Unido | Negócios, Gestão e Contabilidade | 2009 | 39 |
| QUALITY AND RELIABILITY ENGINEERING INTERNATIONAL | 2 | Reino Unido | Ciências da Decisão; Engenharia | 1985 | 72 |
| SENSORS | 2 | Suíça | Bioquímica, Genética e Biologia Molecular; Química; Ciência da Computação; Engenharia; Medicamento; Física e Astronomia | 2001 | 245 |
| TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE | 2 | Estados Unidos | Negócios, Gestão e Contabilidade; Psicologia | 1970 | 179 |

* Cobertura: 1961,1963-1968, 1970-2023

Fonte: Autores (2024).

A seguir, a Tabela 2 expõe os artigos de maior significância da amostra em termos de citações, sobressaem-se em termos de citações locais (dentro da amostra) e citações globais, Asif (2020), que discorre sobre alinhamento dos modelos de gestão da qualidade com a Indústria 4.0., e Babatunde (2021), que avalia a integração dos aspectos "hard" e "soft" da TQM com a I4.0. Em relação às citações globais, além dos dois artigos mencionados anteriormente, outro que tem expressiva relevância é o De Souza (2022) que aborda o conceito da "TQM 4.0". Ademais, foi possível reconhecer outro conjunto de periódicos, que possuem escopos que abrangem os tópicos: ciência da computação; energia; ciência ambiental; e ciências sociais.

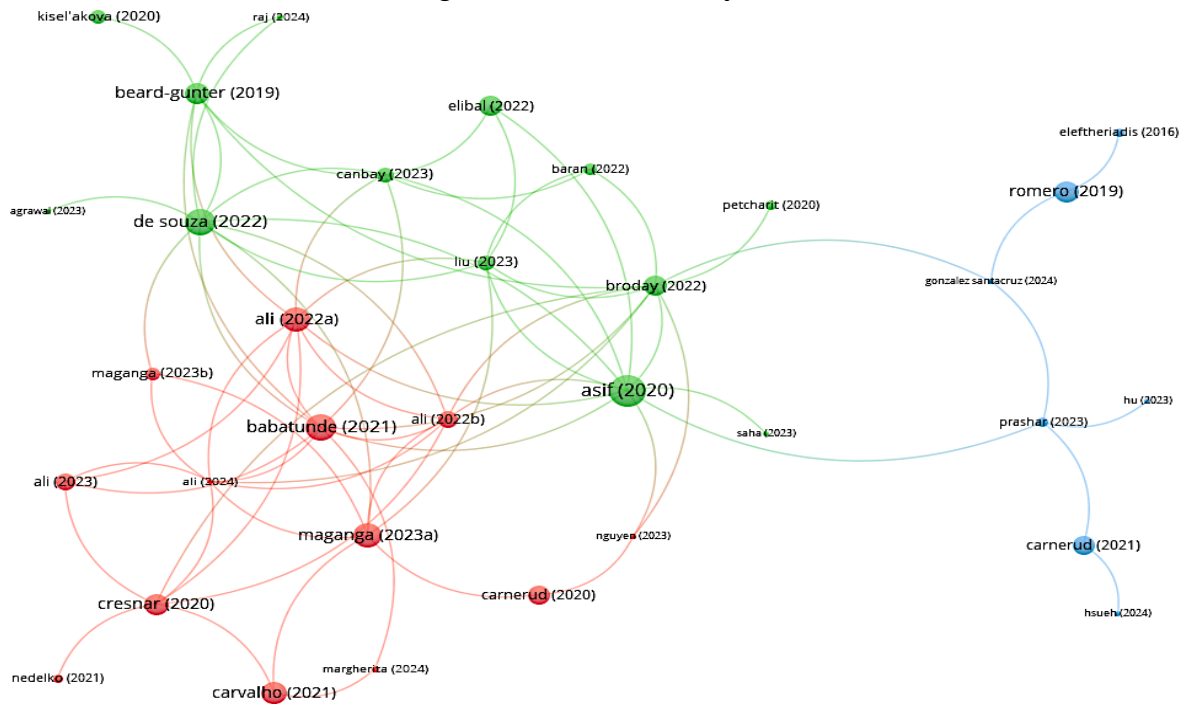
Tabela 2. Documentos mais citados

| Autores | Ano | Periódico | Citações locais | Citações Globais |
|----------------|------|----------------------|-----------------|------------------|
| Asif M | 2020 | J Clean Prod | 11 | 47 |
| Babatunde OK | 2021 | Tqm J | 8 | 34 |
| Beard-Gunter A | 2019 | Int J Qual Serv Sci | 7 | 21 |
| Souza FF | 2022 | Tqm J | 7 | 33 |
| Cresnar R | 2020 | Sensors-Basel | 6 | 22 |
| Brodav EE | 2022 | Int J Qual Serv Sci | 6 | 20 |
| Ali K | 2022 | Total Qual Manag Bus | 5 | 28 |
| Maganga DP | 2023 | Tqm J | 4 | 29 |
| Carvalho AM | 2021 | Total Qual Manag Bus | 3 | 24 |

Fonte: Autores (2024).

Através de uma análise conclusiva da estrutura intelectual do campo estudado, é apresentada a rede social de citações (Figura 5). Esta rede é composta por três clusters principais, cada um representando distintas linhas de pesquisa dentro do domínio. O primeiro cluster, colorido de verde, concentra-se em estudos relacionados à TQM e aspectos gerais de gestão da qualidade, refletindo uma abordagem tradicional no campo. O segundo cluster, destacado em vermelho, foca na I4.0 e suas tecnologias associadas, explorando como essas inovações estão transformando os processos produtivos e gerenciais. Por fim, o cluster azul aborda a fusão dessas áreas através do termo "Qualidade 4.0", que é utilizado por um grupo específico de autores para descrever a evolução da gestão da qualidade na era digital. Esta representação visual dos clusters ajuda a elucidar as principais tendências e as áreas de foco emergentes no campo, destacando a interação e a evolução dos tópicos de pesquisa ao longo do tempo.

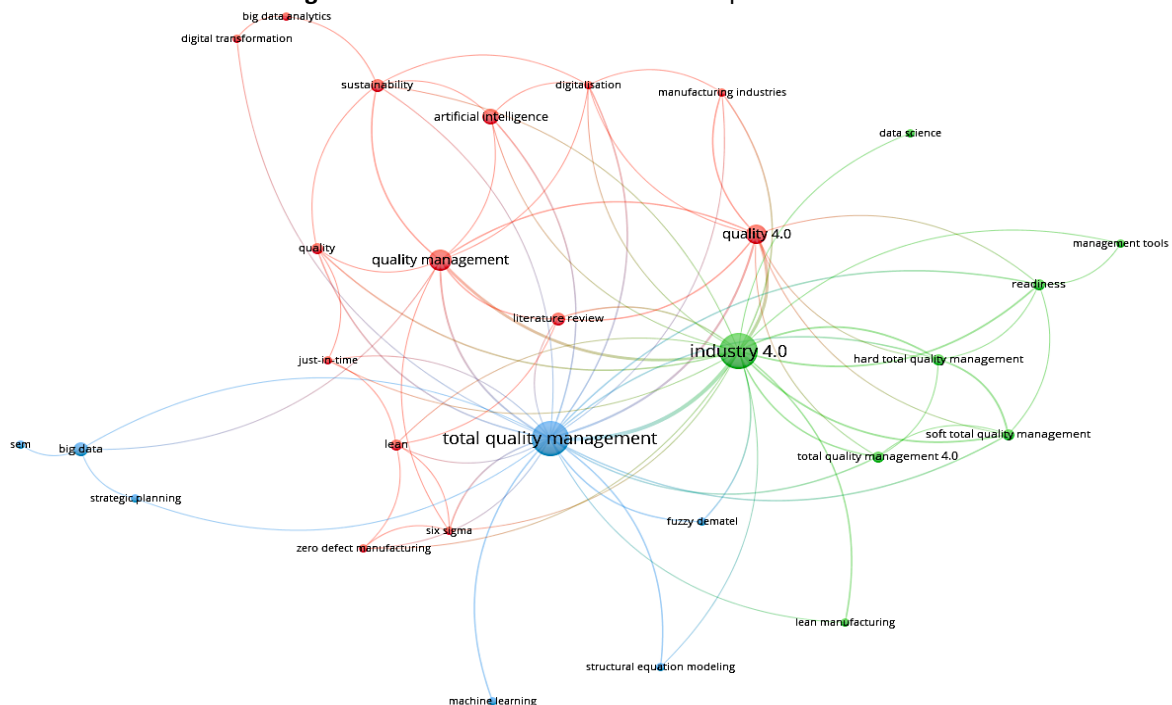
Figura 5. Rede social de citações



Fonte: Autores (2024).

A partir da realização da análise de coocorrência de palavras-chave, foi possível discernir a estrutura conceitual subjacente ao campo de estudo desta pesquisa. Como evidenciado na Figura 6, que as palavras-chave que aparecem com maior frequência nos artigos selecionados para a amostra, se agrupam em três principais clusters temáticos. O primeiro cluster, representado na cor verde, integra conceitos de I4.0 e TQM. O segundo cluster, destacado em azul, foca na intersecção entre TQM e tecnologias da I4.0. Finalmente, o terceiro cluster, em vermelho, aborda a Gestão da Qualidade associada especificamente com as inovações da Qualidade 4.0. Essa distribuição temática reflete as tendências atuais de pesquisa e os focos de interesse dentro do campo estudado, destacando a interconexão entre a gestão de qualidade tradicional e as novas tecnologias emergentes da quarta revolução industrial.

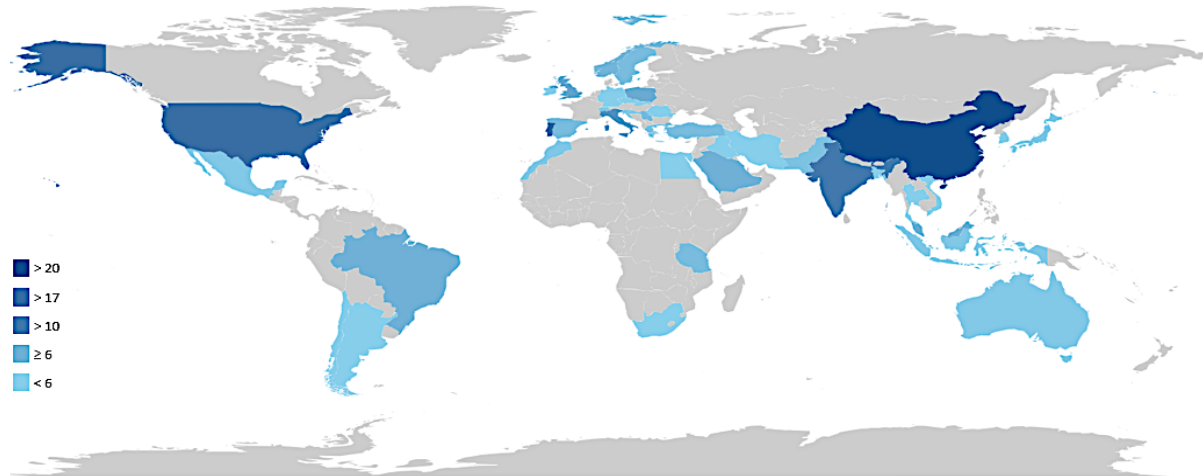
Figura 6. Rede social de coocorrência de palavras-chave



Fonte: Autores (2024).

Por fim, a colaboração científica é apresentada na Figura 7, que ilustra a relação existente entre os países com maior montante de produção científica, sendo de suma importância a produtividade e cooperação entre China (24), Portugal (18) e Estados Unidos (18).

Figura 7. Colaboração científica entre os países



Fonte: Autores (2024).

Revisão Sistemática da Literatura

A relação entre TQM e I4.0 tem sido amplamente abordada na literatura recente, com foco em como tecnologias emergentes impactam as práticas de qualidade nas organizações reais: Um dos temas recorrentes identificados na literatura é a influência da liderança e da inovação sobre a sustentabilidade organizacional. Diversos estudos têm explorado como estilos de liderança moldam a capacidade das organizações de inovar e de se manter competitivas em um ambiente de rápidas transformações tecnológicas. Entre eles, destaca-se o trabalho de Nasir et al. (2022), que demonstrou empiricamente que a liderança transformacional exerce influência positiva tanto sobre o desempenho inovador quanto sobre a sustentabilidade organizacional. O estudo evidencia ainda que a inovação atua como variável mediadora nessa relação, indicando que líderes capazes de inspirar, motivar e desenvolver equipes criam um ambiente propício à geração de ideias e à implementação de práticas sustentáveis. Esse resultado reforça a importância da cultura organizacional como elemento integrador entre liderança, inovação e sustentabilidade, mostrando que valores e comportamentos compartilhados são determinantes para o alcance de resultados sustentáveis de longo prazo. A prontidão organizacional para a Indústria 4.0 também tem sido objeto de investigação, especialmente no que diz respeito à relação entre Soft TQM (voltada a aspectos humanos e culturais, como liderança e treinamento) e hard TQM (focada em ferramentas, métricas e padronização). O estudo de Ali e Waheed (2024) demonstrou que o Soft TQM influencia positivamente o Hard TQM, e este, por sua vez, determina o nível de prontidão da organização para adotar tecnologias da I4.0. Essa relação revela que a transição tecnológica depende não apenas de investimentos em infraestrutura, mas também de capacidades organizacionais intangíveis, como cultura de qualidade, comunicação eficaz e comprometimento da alta gestão. As práticas de hard TQM atuam, assim, como mediadoras desse processo, traduzindo valores e princípios de qualidade em rotinas e procedimentos compatíveis com o ambiente digital.

Sob a ótica da cadeia de suprimentos, a literatura reforça a sinergia entre práticas sustentáveis, TQM e tecnologias digitais. A pesquisa de Huang et al. (2024) revelou que a Gestão da Cadeia de Suprimentos Verde (GSCM) exerce influência positiva sobre a adoção das tecnologias da I4.0 e sobre o desempenho ambiental, social e econômico das empresas. O estudo sugere que, ao incorporar princípios de sustentabilidade à gestão da qualidade e à transformação digital, as organizações conseguem otimizar fluxos de materiais, reduzir desperdícios e fortalecer a transparência ao longo da cadeia. Nesse contexto, a TQM funciona como um mecanismo catalisador, potencializando os efeitos das tecnologias digitais e contribuindo para a consolidação de ecossistemas produtivos sustentáveis.

Outro eixo recorrente nos estudos é a adoção tecnológica e seu papel mediador entre capacidades organizacionais e desempenho da qualidade. De acordo com Raj et al. (2024), fatores como aceitação da tecnologia, infraestrutura digital e competência técnica afetam diretamente o grau de inovação tecnológica, o qual, por sua vez, impacta o desempenho da TQM. Essa relação evidencia que a inovação atua como elo entre recursos internos, tangíveis e intangíveis, e os resultados em qualidade. Assim, o desenvolvimento de competências tecnológicas passa a ser condição essencial para o avanço da maturidade em qualidade e para o fortalecimento do desempenho competitivo das empresas.

Por fim, a literatura recente também destaca o processo de transição da Gestão da Qualidade Total (TQM) para a chamada Qualidade 4.0 (Q4.0), um conceito emergente que reflete a integração entre práticas de qualidade e tecnologias digitais. O estudo de Manganga e Taifa (2022) enfatiza que fatores como o apoio da alta administração, a infraestrutura tecnológica e a cultura organizacional orientada à inovação são condições determinantes para essa transição. A adoção da Q4.0 exige uma mudança paradigmática, em que os sistemas de gestão passam a ser orientados por dados, interconectados e capazes de aprendizado contínuo. Nesse sentido, a disposição das empresas em adotar a Q4.0 depende não apenas de aspectos técnicos, mas também de fatores comportamentais e estruturais que sustentem a transformação digital de forma duradoura.

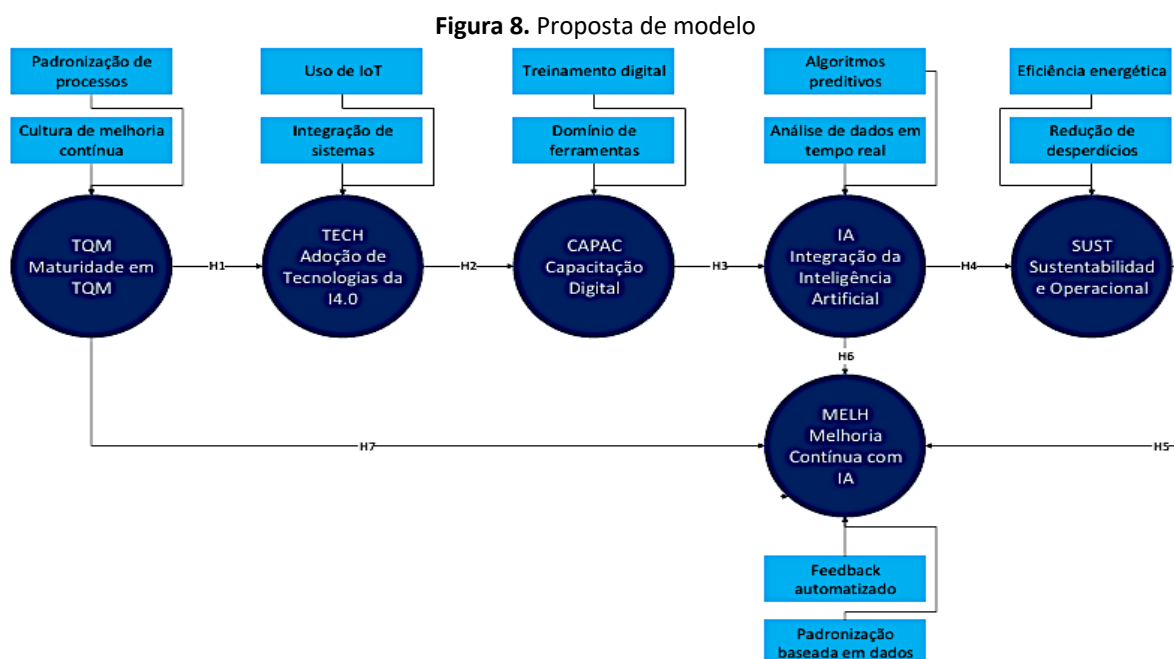
Por fim, percebeu-se que a literatura contemporânea converge para um mesmo ponto, com a integração entre TQM e I4.0 representando estratégia-chave para impulsionar a inovação, promover a melhoria contínua e fortalecer a sustentabilidade organizacional. A integração não limita à adoção de novas tecnologias, mas envolve uma mudança ampla em como as organizações aprendem, adaptam e criam valor, em ambiente altamente dinâmico e digital.

Proposta de Modelo

Com base na análise crítica da literatura e nos conceitos discutidos ao longo deste estudo, propõe-se um modelo estrutural que representa a integração sistêmica das tecnologias da I4.0, em especial a IA, aos sistemas de TQM, considerando a maturidade organizacional, os recursos humanos e os impactos sustentáveis e operacionais. O modelo é composto por seis constructos latentes: maturidade em TQM, que reflete a aplicação das práticas clássicas de gestão da qualidade; adoção tecnológica, que expressa a incorporação das tecnologias da I4.0; capacitação digital, relacionada ao preparo técnico das equipes; integração da inteligência artificial, que representa a utilização da IA nos processos de qualidade; sustentabilidade operacional, que abrange os benefícios gerados pela digitalização para o uso eficiente de recursos; e melhoria contínua com IA, que simboliza o estágio avançado da Q4.0, baseado em feedback automatizado e padronização orientada por dados.

As relações hipotéticas entre os constructos foram definidas com base na literatura e na lógica de progressão da maturidade organizacional. Considera-se que a maturidade em TQM favorece a adoção tecnológica (H1), que por sua vez demanda capacitação digital (H2). A capacitação facilita a integração da IA (H3), a qual impacta positivamente a sustentabilidade operacional (H4) e a melhoria contínua (H6). Além disso, a sustentabilidade operacional contribui para a melhoria contínua (H5) e a própria maturidade em TQM exerce influência direta sobre a melhoria contínua (H7).

Cada constructo latente do modelo, representados pelos círculos azuis, é representado por indicadores observáveis, organizados nos retângulos azuis, que tornam possível mensurar os conceitos abstratos e validar estatisticamente o modelo. No caso da maturidade em TQM, os indicadores são padronização de processos e cultura de melhoria contínua; para a adoção tecnológica, são uso de IoT e integração de sistemas; para a capacitação digital, são treinamento digital e domínio de ferramentas; para a integração da IA, são algoritmos preditivos e análise de dados em tempo real; para a sustentabilidade operacional, são eficiência energética e redução de desperdícios; e para a melhoria contínua com IA, são feedback automatizado e padronização baseada em dados. Esses indicadores são elementos fundamentais do modelo, pois conectam os constructos à realidade observável da organização e possibilitam sua aplicação prática em pesquisas empíricas e em projetos de gestão da qualidade alinhados à I4.0 (Figura 8).



Fonte: Autores (2025).

DISCUSSÃO

Percebe-se uma evolução recente e notável na pesquisa, e um crescimento substancial no volume de publicações a partir de 2019, destacando o crescente interesse acadêmico e prático nessas interseções tecnológicas. A análise revela uma predileção por tecnologias como big data analytics e inteligência artificial, que são cruciais para a operacionalização da Indústria 4.0 dentro dos paradigmas da TQM.

Avanços tecnológicos da I4.0 são integrados aos princípios da TQM e os resultados indicam uma transformação nos modelos de gestão da qualidade, onde a digitalização e interconectividade não apenas otimizam processos, mas remodelam a estrutura e execução. Lasi et al. (2014) foram precursores na identificação das implicações da Quarta Revolução Industrial, notadamente em como empresas integram tecnologias digitais para aprimorar

operações. Ghobakhloo (2020) expandiu essa visão ao detalhar como a digitalização está transformando a gestão operacional e a eficiência nas indústrias contemporâneas, uma perspectiva que ressoa diretamente com os resultados encontrados.

Além disso, a análise da produção científica e sua citação revela uma emergência de novas dimensões e preocupações, como a sustentabilidade e a customização em massa, que são cruciais para a competitividade no cenário atual. A I4.0 permite uma forma mais dinâmica e adaptável de gerenciamento da qualidade, alinhada com as demandas de personalização e eficiência exigidas pelo mercado contemporâneo. Práticas tradicionais de TQM são incrementadas com ferramentas tecnológicas que facilitam a coleta e análise de dados, promovendo uma melhoria contínua que é mais informada e precisa.

Quanto a melhoria contínua, os resultados apoiam as evidências analisadas em Buer et al. (2018) e Tortorella e Fettermann (2018) sobre como as integrações tecnológicas podem ser aplicadas para melhorar a eficiência operacional e gestão da qualidade. Igualmente, a interconectividade e automação promovida pela I4.0 e a gestão da qualidade são observadas por Santos e Martins (2020) e Carvalho et al. (2022) com uma produção adaptável e personalizada. Também contribuíram com Olsen e Tomlin (2020) sobre desafios e oportunidades que surgem com a I4.0, indicando uma nova era onde os processos de melhoria contínua são cada vez mais automatizados e baseados na gestão de dados.

CONCLUSÃO

Espera-se, com o presente estudo, contribuir no campo de interseção entre a TQM e a I4.0, enfatizando como as tecnologias emergentes podem redefinir práticas de gestão em contextos industriais contemporâneos. O estudo revelou um aumento notável na produção científica desde 2019, indicativo do crescente interesse e relevância dessas temáticas no cenário acadêmico e industrial.

Comparando os resultados obtidos com a literatura existente, fica claro que as práticas tradicionais de TQM estão sendo profundamente influenciadas pela adoção de tecnologias associadas à Indústria 4.0, como Big Data Analytics e inteligência artificial. Estas tecnologias não apenas aprimoram a eficiência e a eficácia dos processos existentes, mas também promovem uma gestão mais adaptável e proativa, capaz de responder às exigências de personalização e flexibilidade do mercado atual.

Além disso, o estudo aponta para uma mudança paradigmática na qual a TQM não é mais apenas uma questão de controle de qualidade, mas uma cultura de melhoria que se integra perfeitamente com as operações digitais e automatizadas da I4.0. Este alinhamento sugere que as organizações que efetivamente integrarem essas tecnologias em suas práticas de gestão da qualidade estarão mais bem posicionadas para liderar em termos de inovação, competitividade e sustentabilidade.

Em suma, o trabalho não apenas mapeia o desenvolvimento atual do campo, mas também estabelece um robusto ponto de partida para futuras investigações sobre como a I4.0 pode continuar a transformar o panorama da gestão da qualidade. O modelo proposto oferece uma estrutura teórica para análise da transição das práticas tradicionais de gestão da qualidade para os novos paradigmas da I4.0, podendo ser posteriormente testado empiricamente por meio de softwares como o SmartPLS. A pesquisa incentiva tanto acadêmicos quanto profissionais a explorar mais profundamente as capacidades transformadoras da Quarta Revolução Industrial, impulsionando a evolução contínua das práticas de TQM em direção a um futuro mais integrado e tecnologicamente avançado.

REFERÊNCIAS

- Alavian, P., Eun, Y., Meerkov, S. M., & Zhang, L. (2020). Smart production systems: automating decision-making in a manufacturing environment. *International Journal of Production Research*, 58(3), 828-845. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2019.1600765>
- Ali, K. & Waheed, A. (2024). Synergistic role of TQM4.0 toward industry 4.0 readiness: a sociotechnical perspective of selected industries. *The TQM Journal*, 37(3), 853-876. <http://dx.doi.org/10.1108/TQM-08-2023-0249>
- Arcidiacono, G., & Pieroni, A. (2018). The Revolution Lean Six Sigma 4.0. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 8(1), 141-149. <http://dx.doi.org/10.18517/ijaseit.8.1.4593>
- Aria, M. & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Asif, M. (2020). Are QM models aligned with Industry 4.0? A perspective on current practices. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120820. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120820>
- Bajaj, S., Garg, R., & Sethi, M. (2018). Total quality management: a critical literature review using Pareto analysis. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 67(1), 128-154. <http://dx.doi.org/10.1108/IJPPM-07-2016-0146>
- Barbosa, L. M. & Portes, L. A. F. (2023). A inteligência artificial. *Revista Tecnologia Educacional*, (236), 16-27.
- Brizola, J. & Fantin, N. (2016). Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura. *Revista de Educação do Vale do Arinos*, 3(2), 23-39. <https://doi.org/10.30681/relva.v3i2.1738>
- Buer, S. V., Strandhagen, J. O., & Chan, F. T. S. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2924-2940. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2018.1442945>
- Cândido, A. C. & Araújo, R. H. de., Jr. (2022). Potencialidades do desenvolvimento de cloud computing no âmbito da gestão da informação. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 27(1), 57-80. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-5344/25731>
- Carvalho, A. de. P., Zarelli, P. R., Vieira, A. M., & Dalarosa, B. M. (2022). A relação da indústria 4.0 com a sustentabilidade: uma revisão. *Revista e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial*, 15(1) <https://doi.org/10.18624/etech.v15i1.1197>
- Chiarini, A., Belvedere, V., & Grando, A. (2020). Industry 4.0 strategies and technological developments. An exploratory research from Italian manufacturing companies. *Production Planning & Control*, 31(16), 1-14. <http://dx.doi.org/10.1080/09537287.2019.1710304>
- Ciano, M. P., Pozzi, R., Rossi, T., & Strozzi, F. (2019). How IJPR has addressed 'lean': a literature review using bibliometric tools. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 5284- 5317. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2019.1566667>
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Science mapping software tools: review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for information Science and Technology*, 62(7), 1382-1402. <https://doi.org/10.1002/asi.21525>
- Črešnar, R., Potočan, V., & Nedelko, Z. (2020). Speeding up the implementation of industry 4.0 with management tools: empirical investigations in manufacturing organizations. *Sensors*, 20(12), 3469. <https://doi.org/10.3390/s20123469>
- Crosby, P. B. *Quality is free*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1979.
- Cuenca, C. Z., Lourenço, C. M., Françoso, R. L. dos S., & Santos, F. C. A. (2018). Impactos da indústria 4.0 sobre o futuro dos sistemas de produção. XXV *Simpósio de Engenharia de Produção*, Bauru, SP, Brasil, 433-443p. <http://dx.doi.org/10.22533/at.ed.54819120433>
- Deming, W. E. & Edwards, D. W. (1982). *Quality, productivity, and competitive position*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, v. 183.
- Feigenbaum, A. V. (1961). *Total Quality Control*. New York: McGraw-Hill.
- Frontoni, E., Loncarski, J., Pierdicca, R., Bernardini, M., & Sasso, M. (2018). Cyber-physical systems for industry 4.0: towards real-time virtual reality in smart manufacturing. International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics. Cham: Springer International Publishing, 422-434p. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-95282-6_31
- Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 252(1), 119869. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>
- Gilchrist, A. (2016). Introducing Industry 4.0. *Industry 4.0*, 195-215. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4842-2047-4_13
- Goetsch, D. L. & Davis, S. (2013). *Quality management for organizational excellence: introduction to total quality*. Boston: Pearson.
- Huang, X., Ullah, M., Wang, L., Ullah, F., & Khan, R. (2024). Green supply chain management practices

and triple bottom line performance: Insights from an emerging economy with a mediating and moderating model. *Journal of Environmental Management*, 357(n), 120575.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120575>

Ishikawa, K. (1985). What is quality control? The Japanese way. Englewood Cliffs, NJ: *Prentice-Hall*.

Ishikawa, K. Introduction to Quality Control. Tokyo: *3A Corporation*, 1990.

Johnson, S. (2019). Quality 4.0: a trend within a trend. *Quality*, 58(2), 21-23.

Juran, J. M. & Gryna, F. M. (1974). Quality control handbook. New York: *McGraw Hill*.

Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Dhone, N. C. (2019). Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable organizational performance in Indian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 58(6), 7543. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2019.1630772>

Kaur, M., Singh, K., & Singh, D. (2019). Synergetic success factors of total quality management (TQM) and supply chain management (SCM): a literature review. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 36(6), 842-863. <http://dx.doi.org/10.1108/IJQRM-11-2017-0228>

Kutlu, A. C. & Kadaifci, C. (2014). Analyzing critical success factors of total quality management by using fuzzy cognitive mapping. *Journal of Enterprise Information Management*, 27(5), 561-575. <https://doi.org/10.1108/JEIM-06-2012-0032>

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242. <http://dx.doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>

Lima, R. D. (2022). Blockchain: conceito e aplicações (Trabalho de Conclusão de Curso). *Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul*, Naviraí, MS, Brasil. Recuperado de <https://repositorio.ufms.br/bitstream/123456789/519/1/TCC%20Reynaldo%202022%20-%20BLOCKCHAIN%20-%20conceito%20e%20aplicacao%20-%20B5es.pdf>

Maciel, B. K. (2019). Classificação de single board computer para embarque de sistemas ciberfísicos baseados na arquitetura 5C (Dissertação de Mestrado), *Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Centro de Ciências Computacionais, Programa de Pós-Graduação em Computação*, Rio Grande, RS, Brasil. Recuperado de <https://www.repositorio.furg.br/handle/1/8087>

Maganga, D. P. & Taifa, I. W. R. (2022). The readiness of manufacturing industries to transit to Quality 4.0. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(7), 1729-1752. <http://dx.doi.org/10.1108/IJQRM-05-2022-0148>

Martínez-Lorente, A. R., Dewhurst, F., & Dale, B. G. (1998). Total quality management: origins and evolution of the term. *The TQM Magazine*.

Mascarenhas, A. P. F. M., Fernandes, S. M., Freitas, F. D., Calheiros, G. B., Lefrançois, G. L. G., Bahia, M. B., & Raton, V. F. B. (2021). Desenvolvimento de produtos IOT. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), 4711-4724. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-320>

Mohamed, M. (2018). Challenges and benefits of Industry 4.0: an overview. *International Journal of Supply and Operations Management*, 5(3), 256-265. <http://dx.doi.org/10.22034/2018.3.7>

Nascimento, C. A. X., Hsu, P. L., Meneghatti, M. R., Barzotto, L. da C., & Rodrigues, L. C. (2018). Inovação nos negócios por meio da análise de Big Data. *International Journal of Professional Business Review*, 3(1), 1-16. <http://dx.doi.org/10.26668/businessreview/2018.v3i1.65>

Nasir, A., Zakaria, N., & Yusoff, R. Z. (2022). The influence of transformational leadership on organizational sustainability in the context of industry 4.0: mediating role of innovative performance. *Cogent Business & Management*, 9(1), 2105575. <https://doi.org/10.1080/23311975.2022.2105575>

Olsen, T. L. & Tomlin, B. (2020). Industry 4.0: opportunities and challenges for operations management. *Manufacturing & Service Operations Management*, 22(1), 113-122. <http://dx.doi.org/10.1287/msom.2019.0796>

Psarommatis, F., Prouvost, S., May, G., & Kiritsis, D. (2020). Product quality improvement policies in industry 4.0: characteristics, enabling factors, barriers, and evolution toward zero defect manufacturing. *Frontiers in Computer Science*, 2, 26, 2020. <http://dx.doi.org/10.3389/fcomp.2020.00026>

Raj, R., Kumar, V., & Cudney, E. A. (2024). Relating the strategic role of technology orientation in organizational TQM performance. *Total Quality Management & Business Excellence*, 35(3-4), 341-371. <http://dx.doi.org/10.1080/14783363.2023.2294361>

Santos, P. H. A. & Martins, R. A. (2020). Continuous Improvement Programs and Industry 4.0: Descriptive Bibliometric Analysis. *4th International Conference on Quality Engineering and Management*, Portugal, 763-777.

Saxby, R., Cano-Kourouklis, M., & Viza, E. (2020). An initial assessment of lean management methods for industry 4.0. *The TQM Journal*.

Sila, I. & Ebrahimpour, M. (2003). Examination and comparison of the critical factors of total quality management across countries. *International Journal of Production Research*, 41(2), 235-268. <http://dx.doi.org/10.1080/0020754021000022212>

Silveira, K. S., Hikichi, S. E., & Salgado, E. G. (2016). Utilização do AHP para priorização das práticas de TQM na indústria farmacêutica. *Revista Produção Online*, 16(2), 524-549. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v16i2.1978>

Silveira, S. M. da. & Nogueira, M. R. C. (2016). Avaliação para implantação de sistema de gestão da garantia da qualidade em uma empresa de fracionamento de azeitonas. *Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc Videira*, 1, e10779. Recuperado de <https://periodicos.unoesc.edu.br/apeuv/article/view/10779>

Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2010). *Operations management*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Sony, M. (2018). Industry 4.0 and lean management: a proposed integration model and research propositions. *Production & Manufacturing Research*, 6(1), 416-432. <http://dx.doi.org/10.1080/21693277.2018.1540949>

Talib, F., Rahman, Z., & Qureshi, M. N. (2011). Analysis of interaction among the barriers to total quality management implementation using

interpretive structural modeling approach. *Benchmarking: an International Journal*, 18(4), 563-587. <http://dx.doi.org/10.1108/14635771111147641>

Tortorella, G. L. & Fettermann, D. (2018). Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2975-2987. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420>

Eck, N. V. & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538. <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>

Zaid, A. A., Othman, M., Qubbaj, I. S., & Asaad, A. R. (2024). Does total quality management mediate the relationship between Industry 4.0 and business sustainability in private hospitals? *International Journal of Quality & Reliability Management*, 42(5), 1438-1462. <http://dx.doi.org/10.1108/IJQRM-03-2024-0084>

Zupic, I. & Cater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429-472. <http://dx.doi.org/10.1177/1094428114562629>