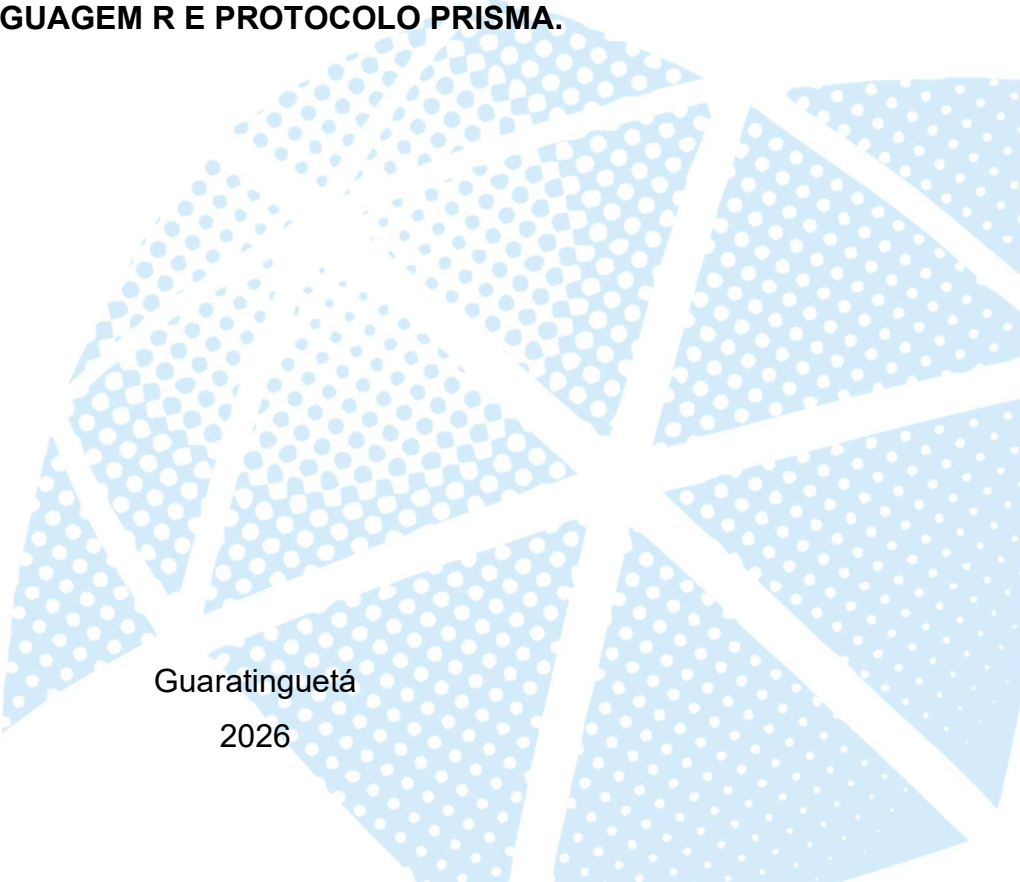


UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
Faculdade de Engenharia e Ciências - Câmpus de Guaratinguetá

THAYNARA CRISTINA DA FONSECA

**ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA SOBRE O MÉTODO DE TAGUCHI UTILIZANDO
LINGUAGEM R E PROTOCOLO PRISMA.**

Guaratinguetá
2026



THAYNARA CRISTINA DA FONSECA

**ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA SOBRE O MÉTODO DE TAGUCHI UTILIZANDO
LINGUAGEM R E PROTOCOLO PRISMA**

Trabalho de Conclusão de Especialização
apresentada à Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Faculdade de
Engenharia e Ciências, Guaratinguetá, para
obtenção do título de Especialista em
Gestão da Produção.

Área de Concentração: Engenharia de
Produção

Orientadora: Prof. Dra. Erica Ximenes Dias

Guaratinguetá

2026

F676a	Fonseca, Thaynara Cristina da Análise bibliométrica sobre o método de Taguchi utilizando linguagem e protocolo prisma / Thaynara Cristina da Fonseca - Guaratinguetá, 2026. 60 f : il. Bibliografia: f. 57-59 Especialização em Gestão da Produção – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2026. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Erica Ximenes Dias 1. Taguchi, métodos (Controle de qualidade). 2. Gestão da qualidade total. 3. Planejamento experimental. I. Título. CDU 658.56
-------	--

THAYNARA CRISTINA DA FONSECA

**ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA SOBRE O MÉTODO DE TAGUCHI UTILIZANDO
LINGUAGEM R E PROTOCOLO PRISMA**

Trabalho de Conclusão de Especialização apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, para obtenção do título de Especialista em Gestão da Produção.

Data da defesa: 13 de maio de 2026

Banca Examinadora:

Erica Ximenes Dias

Profa. Dra. Erica Ximenes Dias
UNESP - Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá

Fernando Augusto Silva Marins

Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins
UNESP - Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá

VALÉRIO ANTONIO PAMPLONA SALOMON

Prof. Dr. Valério Antonio Pamplona Salomon
UNESP - Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá

TRILHA DE AUDITORIA

Detalhes

NOME DO ARQUIVO folhadeaprovação.docx - 1 5/05/2026, 1 1 :55

STATUS ● Assinado

CARIMBO DE DATA/HORA DO STATUS 2026/05/1 5
1 7:51 :26 UTC

Atividade

 ENVIADO	valerio.salomon@unesp.br enviou uma solicitação de assinatura para: • Fernando Augusto Silva Marins (fernando.marins@unesp.br) • Erica Ximenes Dias (erica.ximenes@unesp.br) • VALERIO ANTONIO PAMPLONA SALOMON (valerio.salomon@unesp.br)	2026/05/1 5 1 4:56:33 UTC
 ASSINADO	Assinado por Fernando Augusto Silva Marins (fernando.marins@unesp.br)	2026/05/1 5 1 6:1 6:34 UTC
 ASSINADO	Assinado por VALERIO ANTONIO PAMPLONA SALOMON (valerio.salomon@unesp.br)	2026/05/1 5 1 5:22:31 UTC
 ASSINADO	Assinado por Erica Ximenes Dias (erica.ximenes@unesp.br)	2026/05/1 5 1 7:51 :26 UTC
 CONCLUÍDO	Todos os signatários assinaram o documento e ele foi concluído	2026/05/1 5 1 7:51 :26 UTC

O endereço de e-mail indicado acima para cada signatário está associado a uma Conta do Google e pode ser o e-mail principal ou secundário.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Este trabalho sistematiza a produção científica sobre o método de Taguchi na melhoria de processos industriais por meio de análise bibliométrica e protocolo PRISMA. Os resultados identificam tendências, lacunas e redes de colaboração, contribuindo para pesquisadores e profissionais da Engenharia de Produção interessados em planejamento experimental robusto.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This study systematizes scientific production on the Taguchi method in industrial process improvement through bibliometric analysis and the PRISMA protocol. Results identify research trends, gaps, and collaboration networks, contributing to researchers and professionals in Production Engineering interested in robust experimental design.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por todo o suporte e amparo ao longo desta jornada.

aos meus pais, Luiz e Fátima, pelo apoio prestado em todos os momentos;

à minha amiga Fernanda Longanezi (*in memoriam*), pelo incentivo à realização desta pós-graduação;

aos colegas e amigos do Santuário Nacional de Aparecida, pela parceria e convivência ao longo deste período;

à minha orientadora, Dra. Érica Ximenez Dias, pela atenção, dedicação e ensinamentos fundamentais para a realização deste trabalho;

ao coordenador do curso, Dr. Valério Salomon, pelo suporte e pela condução do programa; aos demais professores do programa de Especialização em Gestão da Produção da Unesp - FEG, em especial ao Prof. Dr. Aneirson Francisco da Silva, pela contribuição à minha formação; e

finalmente, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão desta etapa.

RESUMO

O método de Taguchi tem sido amplamente utilizado na engenharia e na indústria como ferramenta para melhoria da qualidade e redução da variabilidade em sistemas produtivos. A presente pesquisa teve como objetivo analisar a produção científica relacionada à aplicação do método de Taguchi na melhoria de processos industriais, utilizando técnicas de revisão sistemática da literatura e análise bibliométrica. Para a condução do estudo, adotaram-se as diretrizes do protocolo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), com coleta de dados realizada nas bases Web of Science e Scopus. Os registros bibliográficos obtidos foram organizados e analisados por meio da linguagem estatística R, utilizando o pacote Bibliometrix e ferramentas complementares do Tidyverse. A análise contemplou indicadores relacionados à evolução temporal das publicações, principais periódicos, autores, instituições, países, redes de colaboração científica e tendências temáticas associadas ao método de Taguchi. Os resultados evidenciaram crescimento contínuo da produção científica ao longo das últimas décadas, com destaque para aplicações voltadas à manufatura, otimização de parâmetros de processo, design robusto e integração com técnicas computacionais. Observou-se concentração das publicações em periódicos especializados da área de engenharia, bem como significativa participação de países asiáticos na produção científica sobre o tema. A análise de palavras-chave e redes bibliométricas permitiu identificar tendências emergentes relacionadas à manufatura aditiva, aprendizado de máquina e otimização multiobjetivo. Conclui-se que o método de Taguchi permanece relevante para a engenharia de produção e para a melhoria de processos industriais, apresentando potencial de integração com novas abordagens tecnológicas e computacionais.

Palavras-chave: método de Taguchi; análise bibliométrica; revisão sistemática; engenharia de produção; melhoria de processos; planejamento experimental.

ABSTRACT

The Taguchi method has been widely used in engineering and industry as a tool for quality improvement, and variability reduction in production systems. This research aimed to analyze scientific production related to the application of the Taguchi method in industrial process improvement through systematic literature review and bibliometric analysis techniques. The study was conducted according to the guidelines of the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) protocol, with data collection performed in the Web of Science and Scopus databases. The retrieved bibliographic records were organized and analyzed using the R statistical language, with support from the Bibliometrix package and complementary Tidyverse tools. The analysis included indicators related to the temporal evolution of publications, main journals, authors, institutions, countries, scientific collaboration networks, and thematic trends associated with the Taguchi method. The results demonstrated continuous growth in scientific production over recent decades, especially in applications related to manufacturing, process parameter optimization, robust design, and integration with computational techniques. A concentration of publications in specialized engineering journals and significant participation of Asian countries in scientific production on the subject were also observed. The analysis of keywords and bibliometric networks identified emerging trends related to additive manufacturing, machine learning, and multi-objective optimization. It is concluded that the Taguchi method remains relevant to production engineering and industrial process improvement, presenting potential for integration with new technological and computational approaches.

Keywords: Taguchi method; bibliometric analysis; systematic review; production engineering; process improvement; design of experiments.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Razão Sinal-Ruído (S/N)	18
Quadro 1 – Critérios de seleção de artigos	26
Quadro 2 – Critérios de exclusão	26
Figura 2 – Dados mapeados nas 4 etapas do PRISMA	27
Figura 3 – Dados gerais dos artigos	27
Figura 4 – Produção científica anual	28
Figura 5 – Média anual de artigos citados	29
Figura 6 – Periódicos mais relevantes (por número de publicações)	31
Figura 7 – Produção das fontes ao longo do tempo	32
Figura 8 – H-Index local das principais fontes	33
Figura 9 – Distribuição das fontes por zona (Bradford)	34
Figura 10 – Instituições com maior número de publicações	36
Figura 11 – Países com maior número de publicações	37
Figura 12 – Área de pesquisa com maior relevância	38
Figura 13 – Produção científica mundial	39
Figura 14 – Colaboração internacional entre países	40
Figura 15 – Coautoria entre pesquisadores	41
Figura 16 – Co-ocorrência das palavras-chave	42
Figura 17 – Nuvem de palavras	44
Figura 18 – Mapa temático de palavras-chave	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de arranjo ortogonal L9	19
Tabela 2 – Resultados das bases de dados	25
Tabela 3 – Tipos de documentos encontrados	30
Tabela 4 – H-Index local: impacto dos dez principais autores	35
Tabela 5 – Palavras-chave mais frequentes	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Analysis of Variance
DFC	Delineamento Fatorial Completo
DOE	Design of Experiments
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
GRA	Grey Relational Analysis
H-Index	Hirsch Index
JMP	John's Macintosh Project
OE	Orthogonal Experiment
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
RSM	Response Surface Methodology
S/N	Signal-to-Noise Ratio
SAS	Statistical Analysis System
TIG	Tungsten Inert Gas
UNESP	Universidade Estadual Paulista
WoS	Web of Science

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Nível de significância
B	Coeficiente estatístico
K	Número de fatores
L9	Arranjo ortogonal de Taguchi com 9 experimentos
N×k	Matriz experimental de dimensão N por k
O(n)	Ordem de complexidade de algoritmo
R ²	Coeficiente de determinação
S/N	Razão sinal-ruído
%	Percentual
≥	Maior ou igual
≤	Menor ou igual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	15
1.2	QUESTÕES DA PESQUISA E OBJETIVOS	18
1.3	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	19
1.4	JUSTIFICATIVA.....	20
1.5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2	ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA SOBRE O MÉTODO DE TAGUCHI	24
2.1	RESULTADOS DA SELEÇÃO DE ARTIGO	24
2.2	ANÁLISE DESCRITIVA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA.....	27
2.3	ANÁLISE DOS PRINCIPAIS PERIÓDICOS	30
2.4	ANÁLISE DOS PRINCIPAIS AUTORES E INSTITUIÇÕES	34
2.5	ANÁLISE GEOGRÁFICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA	36
2.6	ANÁLISE DE REDES BIBLIOMÉTRICAS	39
2.7	ANÁLISE DE PALAVRAS-CHAVE E TENDÊNCIAS TEMÁTICAS	42
2.8	LACUNAS CIENTÍFICAS IDENTIFICADAS	46
3	DISCUSSÃO	48
3.1	QUALIDADE DOS DADOS BIBLIOMÉTRICOS	48
3.2	EVOLUÇÃO TEMPORAL E RELEVÂNCIA DO MÉTODO DE TAGUCHI	49
3.3	PRINCIPAIS ATORES DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA	49
3.4	ESTRUTURA TEMÁTICA E TENDÊNCIAS DE PESQUISA	50
3.5	REDES DE COLABORAÇÃO.....	51
4	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	53
4.1	CONCLUSÕES.....	53
4.2	LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	54
4.3	RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	55
	REFERÊNCIAS.....	57
	DADOS CURRICULARES.....	60

1 INTRODUÇÃO

O Delineamento de Experimentos (DOE) é um método que utiliza a estatística para planejar, conduzir, analisar e compreender experimentos controlados (MEDARAMETLA *et al.*, 2025). O DOE encontra uma ampla gama de aplicações em quase todos os setores: engenharia, agricultura, farmácia, ciências sociais, entre outros, e a partir da introdução de modernos softwares estatísticos, como SAS, JMP, R, entre outros, certamente tornou o trabalho com o DOE muito mais fácil, auxiliando o pesquisador a delinear experimentos melhores, analisar dados de acordo com suas necessidades e chegar a conclusões significativas com muito mais facilidade e precisão (DAR *et al.*, 2024).

As indústrias de manufatura necessitam da técnica DOE para aumentar a eficácia de seus engenheiros e a eficiência de seus processos, uma vez que fornece um método rápido e econômico para compreender e aperfeiçoar produtos e processos. Embora essas técnicas sejam comumente encontradas na literatura de estatística e qualidade, elas raramente são utilizadas na indústria (TANCO *et al.*, 2007).

Segundo engenheiros e tecnólogos, eles frequentemente fazem uso de metodologias de DOE para diversas aplicações, que vão desde o design de novos produtos, melhoria de projetos, manutenção, controle e aprimoramento de processos de fabricação, manutenção e reparo de produtos, entre outras. Em suma, O DOE pode ser utilizado para melhorar a qualidade de produtos e processos, reduzir custos e aumentar a eficiência (LAMIDI *et al.*, 2024).

O método de Taguchi é uma ferramenta estatística desenvolvida por Genichi Taguchi (década de 1940), engenheiro japonês, que propôs um modelo para o delineamento de experimentos. O arranjo de delineamento experimental de Taguchi é utilizado para organizar os parâmetros que afetam o processo e os níveis nos quais eles devem ser variados (DAR *et al.*, 2024). Portanto, tanto o custo quanto o tempo experimental são reduzidos drasticamente com o arranjo ortogonal do método de Taguchi (TARNG; YANG, 1998).

No Delineamento de Experimentos, o método de arranjo ortogonal de Taguchi conclui as características de qualidade nas experimentações por meio da minimização da variação (KAUSHIK; SHANKAR, 2022).

A versatilidade do método de Taguchi torna-se evidente ao considerar suas aplicações em disciplinas diversas (HISAM *et al.*, 2024).

Considerando o crescimento da produção científica relacionada ao tema, torna-se pertinente analisar de forma sistemática como esse método tem sido empregado na literatura. A análise bibliométrica tem ganhado expressiva popularidade na pesquisa científica, sendo especialmente útil para mapear grandes volumes de dados de bases como Scopus e Web of Science (DONTHU *et al.*, 2021). Assim, este capítulo apresenta a contextualização da pesquisa, as questões e objetivos do estudo, a delimitação da investigação e a justificativa para a realização do trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

Melhorias em processos produtivos estão diretamente relacionadas à capacidade das organizações de operar de maneira eficiente e consistente, contribuindo tanto para a redução de desperdícios quanto para o aumento da qualidade dos produtos (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

O controle de qualidade e a garantia da qualidade são fundamentais para assegurar a qualidade de produtos e serviços, atender aos requisitos dos clientes e alcançar os objetivos organizacionais (LAMIDI *et al.*, 2024).

Na literatura estatística, existe um campo conhecido como DOE, que se concentra no estudo de diferentes tipos de configurações experimentais, incluindo o delineamento fatorial completo (DFC), o delineamento fracionado, o método do quadrado latino, o método de delineamento de Taguchi, entre outros (HISAM *et al.*, 2024).

O DOE pode ser definido como a área da estatística que estuda o planejamento de experimentos, a coleta de dados e a análise dos dados experimentais obtidos, a fim de fornecer conclusões claras e precisas sobre um determinado processo, conduzindo o mínimo de experimentos possíveis (ROMÁN-RAMÍREZ; MARCO, 2022). Conforme destaca Montgomery (2017), o planejamento experimental possibilita investigar de maneira sistemática a influência de variáveis de processo, contribuindo para a identificação de condições operacionais capazes de melhorar o desempenho e reduzir a variabilidade dos sistemas produtivos.

No contexto do planejamento experimental aplicado à engenharia, o método de Taguchi oferece uma economia significativa de recursos em comparação com outras abordagens (MOFFETT *et al.*, 2024). O Método de Taguchi é uma técnica de delineamento experimental robusto cujo objetivo central é reduzir a variabilidade em torno do valor alvo das características do produto ou processo por meio da aplicação sistemática do DOE (HAMZAÇEBI, 2021).

Desenvolvido por Genichi Taguchi na década de 1940, o método Taguchi, uma técnica robusta de planejamento experimental, estabelece uma forte relação entre as variáveis de entrada e de saída. Reconhecido por sua capacidade de produzir resultados precisos com um número reduzido de ensaios e com minimização de erros, esse método tem sido amplamente aplicado em diversas áreas, como engenharia, física, química, economia, finanças, entre outras (HISAM *et al.*, 2024).

De acordo com Ross (1991) esta proposta está associada ao conceito de engenharia robusta, uma vez que as melhorias das características de um produto e do seu processo se dão quando fatores que contribuem para a variação do resultado são minimizados de forma eficaz.

O método possibilita a investigação das variáveis de entrada do processo e suas interações com número reduzido de experimentos, tornando possível reduzir significativamente a quantidade de experimentos originalmente planejados, por se tratar de uma estrutura composta por matrizes fracionadas saturadas (RIBEIRO *et al.*, 2012). Desse modo, proporciona grande redução de custos relativos à experimentação, podendo ser implementado em situações que envolvam produtos e/ou processos.

Hamzaçebi (2021) afirma que as fontes de variação que alteram a qualidade do produto podem ser divididas em: fatores controláveis - fatores determinados pelo fabricante que não podem ser diretamente alterados pelo cliente; fatores incontroláveis (fatores de ruído) - fatores que o produtor não pode controlar diretamente e que variam de acordo com o uso pelo cliente e as condições ambientais.

Segundo Raju, Ganesan e Karthikeyan (2010), a análise de Taguchi controla os fatores de ruído por meio da variação dos fatores controláveis de maneira sistemática específica. A razão S/N leva em consideração tanto a média quanto a variabilidade. Em sua forma mais simples, a razão S/N é a razão entre a média (sinal) e o desvio padrão (ruído) (HAMZAÇEBI, 2021).

A razão sinal-ruído (S/N) é utilizada para avaliar o desvio das características de desempenho. Em geral, existem três tipos de características de desempenho na análise da razão S/N (YUSUF et al., 2020), conforme abordado pela Figura 1:

Figura 1 – Razão Sinal-Ruído (S/N)

Tipo de razão sinal-ruído	Objetivo	Equação
Nominal-é-melhor	Atingir um valor específico da resposta. Ex.: espessura do eletrodo	$S/N = -10\log\left(\frac{\bar{y}^2}{\sigma^2}\right)$
Maior-é-melhor	Maximizar a resposta. Ex.: adesão de revestimento	$S/N = -10\log\left(\frac{\sum \left(\frac{1}{y_i}\right)^2}{n}\right)$
Menor-é-melhor	Minimizar a resposta. Ex.: defeitos no eletrodo	$S/N = -10\log\left(\frac{\sum y_i^2}{n}\right)$

Fonte: Adaptado de Román-Ramírez e Marco (2022)

A seleção do arranjo ortogonal é baseada nos fatores de entrada (*Inputs*) e em seus respectivos níveis (HISAM et al., 2024). Taguchi promoveu o uso de planejamentos fatoriais fracionados na forma de arranjos ortogonais (uma classe de delineamentos ortogonais de efeitos principais), consistindo em uma matriz N×k (OEHLERT, 2010).

Os arranjos ortogonais são, particularmente, úteis em cenários nos quais o número de variáveis de entrada é relativamente pequeno, mas ainda assim grande demais para permitir o teste exaustivo de todas as combinações possíveis (LIN et al., 2025).

Em um arranjo ortogonal, cada linha representa os níveis dos fatores selecionados em um determinado experimento, enquanto cada coluna representa um fator específico, cujos efeitos sobre o desempenho do processo ou a característica de qualidade do produto podem ser analisados (HAMZAÇEBI, 2021). A Tabela 1 contempla um arranjo conhecido por L9 onde há quatro fatores com três níveis cada.

Tabela 1 - Exemplo de arranjo ortogonal L9

	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Fonte: Hamzaçebi (2021)

No decorrer do presente trabalho, serão explorados os benefícios do emprego do método de Taguchi. Hisam (2024) discorre em seu trabalho que por meio de uma revisão abrangente da literatura, os autores investigam como o método Taguchi tem sido aplicado de forma eficaz para identificar os principais fatores que influenciam as variáveis de resposta e que versatilidade do método Taguchi se torna evidente quando se consideram suas aplicações em diversas áreas do conhecimento.

1.2 QUESTÕES DA PESQUISA E OBJETIVOS

Os métodos de Taguchi tornaram-se essenciais para o desenvolvimento de projetos de engenharia robustos e de processos de manufatura eficientes (ARQUAM *et al.*, 2024).

Para Kumpulainen e Seppänen (2022), o acesso à literatura científica é amplo, devido às publicações digitalizadas, à extensa cobertura dos índices de citação e à disponibilidade de diversas bases de dados bibliográficas. Ainda que, essas ferramentas terem sido aperfeiçoadas, elas ainda apresentam limitações. Em particular, a seleção das bases de dados para a busca bibliográfica introduz um viés, uma vez que os índices de citação diferem em sua cobertura de acordo com o domínio científico.

Uma revisão sistemática é um método de reunir evidências sobre uma questão específica de pesquisa, no qual os critérios de elegibilidade dos estudos são definidos previamente (HIGGINS; GREEN, 2011).

Segundo Donthu et al. (2021), a bibliometria utiliza métodos quantitativos para examinar publicações científicas, permitindo analisar padrões de produção acadêmica, redes de colaboração entre pesquisadores e a evolução temática de campos de pesquisa específicos.

Nesse cenário, o uso de técnicas de análise bibliométrica associadas a revisões sistemáticas da literatura possibilita mapear a evolução da produção científica, identificar temas recorrentes e analisar tendências de investigação em determinada área do conhecimento (DONTU *et al.*, 2021).

Diante desse contexto, a presente pesquisa busca responder à seguinte questão de pesquisa:

Como o método de Taguchi tem sido aplicado na literatura científica para a melhoria de processos industriais e quais são as principais tendências de pesquisa associadas a essas aplicações?

Com base nessa questão, estabelece-se como objetivo geral desta pesquisa, analisar, por meio de uma revisão sistemática, a aplicação do método de Taguchi na melhoria de processos industriais.

Para atingir o objetivo geral proposto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar a evolução temporal das publicações relacionadas ao método de Taguchi aplicadas à melhoria de processos industriais;
- Identificar os principais autores, periódicos e países que contribuem para a produção científica na área;
- Analisar as tendências de pesquisa relacionadas ao uso do método de Taguchi para melhorar processos industriais.

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa concentra-se na análise da produção científica relacionada à aplicação do método de Taguchi na melhoria de processos industriais. O estudo delimita-se à literatura acadêmica publicada na forma de artigos científicos indexados nas bases de dados Scopus e Web of Science, reconhecidas pela ampla

cobertura de periódicos internacionais e pela qualidade dos registros bibliográficos disponíveis para análise científica.

Não foram estabelecidas restrições quanto ao período de publicação ou ao idioma dos trabalhos, de modo a possibilitar a identificação da evolução histórica da aplicação do método de Taguchi desde os primeiros estudos registrados na literatura até as pesquisas mais recentes. Essa decisão permite observar a trajetória do desenvolvimento científico do método ao longo do tempo.

Considerando o foco da investigação, foram incluídos apenas estudos que apresentam aplicação direta do método de Taguchi em contextos de melhoria de processos ou melhoria de desempenho em sistemas produtivos. Trabalhos que não se enquadram nesse escopo, como estudos conceituais sem aplicação experimental ou publicações não classificadas como artigos científicos, não integram o corpus de análise desta pesquisa.

Dessa forma, a delimitação adotada busca garantir coerência entre os objetivos do estudo e o conjunto de publicações analisadas, permitindo examinar de maneira estruturada como o método de Taguchi tem sido empregado na literatura científica voltada à engenharia e à gestão de processos produtivos

1.4 JUSTIFICATIVA

Os métodos de controle de processos, em geral, e a qualidade, em particular, referem-se com maior frequência às medidas tomadas especialmente em relação ao produto acabado, bem como ao processo tecnológico, a fim de manter seu desempenho dentro de determinados parâmetros estatísticos (ISAIC-MANIU *et al.*, 2023).

De acordo com Taguchi (2005), a engenharia da qualidade deve buscar não apenas o atendimento às especificações técnicas, mas também a redução dos efeitos das variações presentes nos sistemas produtivos, promovendo maior estabilidade e confiabilidade nos processos industriais.

Conforme afirma Rashid (2023), o método de Taguchi é amplamente utilizado em diversos setores da manufatura, sendo que, por meio da razão S/N e da análise de sensibilidade, é possível melhorar a qualidade dos produtos, reduzir os custos de produção e reduzir a variação dos resultados, consolidando-se como uma ferramenta eficaz para o controle de qualidade em diferentes indústrias

Destaca Donthu *et al.* (2021), que a análise bibliométrica permite examinar quantitativamente a produção científica de um determinado campo, possibilitando identificar padrões de publicação, redes de colaboração entre pesquisadores e temas emergentes na literatura acadêmica.

Para Hisam (2024), a versatilidade do método de Taguchi torna-se evidente ao considerar suas aplicações em disciplinas diversas, além do que em áreas científicas como física e química, o método de Taguchi mostrou-se inestimável para a condução eficiente de experimentos, resultando em resultados mais precisos e reprodutíveis.

Nesse sentido, a realização de uma revisão sistemática da literatura associada a técnicas de análise bibliométrica a partir da linguagem R pode contribuir para organizar e sintetizar o conhecimento existente, permitindo identificar padrões de aplicação, áreas de maior concentração de estudos e tendências emergentes de pesquisa.

Dessa forma, o presente estudo justifica-se pela necessidade de mapear e analisar de maneira sistemática a produção científica relacionada à aplicação do método de Taguchi na melhoria de processos industriais. Ao utilizar técnicas bibliométricas para examinar publicações indexadas em bases de dados internacionais, a pesquisa busca contribuir para uma compreensão mais estruturada da literatura sobre o tema, fornecendo subsídios para pesquisadores e profissionais interessados no uso de métodos de planejamento experimental na melhoria de processos produtivos.

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa pode ser classificada quanto a natureza uma pesquisa básica, com objetivos exploratórios, o meio é uma pesquisa bibliográfica, a forma de abordar o problema é qualitativa, sendo o método de pesquisa revisão bibliográfica (MIGUEL, 2024).

Para garantir a organização e a transparência do processo de seleção dos artigos, foram adotadas as diretrizes do protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), amplamente utilizado na condução de revisões sistemáticas. O protocolo PRISMA estabelece um conjunto de etapas que

orientam a identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos que compõem o corpus de análise da pesquisa (PAGE *et al.*, 2021).

A coleta dos registros bibliográficos foi realizada nas bases de dados Scopus e Web of Science, selecionadas em função de sua ampla cobertura de periódicos científicos internacionais e da disponibilidade de metadados adequados para análises bibliométricas. Os dados obtidos foram posteriormente organizados e analisados no ambiente da linguagem estatística R, utilizando o pacote Bibliometrix. De acordo com Donthu *et al.* (2021), ferramentas bibliométricas permitem examinar a produção científica por meio de diferentes indicadores, incluindo análise de publicações, redes de colaboração entre pesquisadores e estruturas temáticas da literatura.

Após a definição do conjunto final de artigos, os dados bibliográficos serão organizados e analisados por meio da linguagem estatística R, utilizando o pacote Bibliometrix, desenvolvido especificamente para análises bibliométricas de produção científica.

A análise bibliométrica será conduzida a partir das seguintes etapas:

- Importação dos dados bibliométricos exportados das bases Scopus e Web of Science para o ambiente R.
- Conversão e organização dos metadados dos artigos por meio das funções do pacote Bibliometrix.
- Análise descritiva da produção científica, incluindo número de publicações por ano, periódicos mais produtivos, autores mais relevantes e distribuição geográfica das pesquisas.
- Análise de redes bibliométricas, contemplando redes de coautoria entre pesquisadores, colaboração entre países e análise de ocorrência de palavras-chave.
- Identificação de tendências de pesquisa, a partir da análise de palavras-chave e da evolução temporal dos temas abordados nos estudos selecionados.

Essas análises permitirão mapear a evolução da literatura científica relacionada à aplicação do método de Taguchi na melhoria de processos industriais, bem como identificar padrões de produção científica, áreas de aplicação e tendências de pesquisa emergentes.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. O Capítulo 1 apresenta a introdução da pesquisa, contemplando a contextualização do tema, as questões de pesquisa, os objetivos do estudo, a delimitação da pesquisa, a justificativa e os procedimentos metodológicos adotados.

O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico, no qual são discutidos os principais conceitos relacionados ao planejamento de experimentos, ao método de Taguchi e aos arranjos ortogonais, bem como aspectos relacionados à revisão sistemática da literatura e à análise bibliométrica.

O Capítulo 3 descreve detalhadamente os procedimentos metodológicos utilizados na condução da pesquisa, incluindo a estratégia de busca nas bases de dados científicas, os critérios de seleção dos estudos, a aplicação do protocolo PRISMA e os procedimentos de análise bibliométrica realizados por meio do software Bibliometrix no ambiente R.

O Capítulo 4 apresenta os resultados da análise bibliométrica, incluindo a evolução temporal das publicações, a identificação dos principais autores, periódicos e países de origem das pesquisas, bem como as análises de redes de colaboração e de ocorrência de palavras-chave relacionadas ao método de Taguchi.

Por fim, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais da pesquisa, destacando as principais contribuições do estudo, suas limitações e sugestões para pesquisas futuras.

2 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA SOBRE O MÉTODO DE TAGUCHI

O presente capítulo apresenta os resultados obtidos através da análise bibliométrica realizada a partir da produção científica relacionada ao método de Taguchi aplicado à melhoria de processos industriais. Os dados que estão sendo utilizados foram coletados as bases de dados Scopus e Web of Science e processados por meio da linguagem estatística R, com auxílio do pacote Bibliometrix e do conjunto de ferramentas Tidyverse. Os resultados obtidos estão organizados em oito seções. Primeiramente serão apresentados os resultados da seleção de artigos, incluindo o fluxograma PRISMA com o detalhamento das etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos. Na sequência, são apresentadas as análises descritivas da produção científica, dos principais periódicos, autores e instituições, bem como a distribuição geográfica das pesquisas. Por fim, são apresentadas as redes bibliométricas, a análise de palavras-chave e as lacunas científicas identificadas na literatura.

2.1 RESULTADOS DA SELEÇÃO DE ARTIGO

A coleta de dados foi realizada em 27/04/2026, nas bases Scopus e Web of Science, por meio da aplicação da string de busca definitiva nos campos de título, resumo e palavras-chave, utilizando o operador OR. Os dados obtidos através da consulta na base Scopus foram salvos em formato BibTeX e exportados em duas partes distintas devido ao limite de exportação da própria plataforma. Aqueles obtidos a partir da base Web of Science foram salvos em formato texto simples em dezoito partes fracionadas, devido às mesmas limitações de exportação. Os resultados podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados das bases de dados

Base de Dados	Registros Brutos	Após Filtro (Artigos)	Importados para o R	Após Remoção de Duplicatas
Scopus	35.257	23.165	19.970	—
Web of Science	23.532	17.674	17.674	—
Total	58.789	40.839	37.644	23.957

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Conforme apresentado na Tabela 2, a busca retornou 35.257 registros na base Scopus e 23.532 registros na base Web of Science, totalizando 58.789 documentos brutos. Após a aplicação dos critérios de seleção, foram mantidos 40.839 registros. Os arquivos exportados foram importados para o ambiente R e submetidos à função de mesclagem do pacote Bibliometrix, que identificou e removeu 13.687 registros duplicados, resultando em um corpus final de 23.957 artigos utilizados para a análise bibliométrica. Dos 23.165 artigos exportados da base Scopus, 19.970 foram efetivamente importados, uma vez que 3.195 registros foram descartados automaticamente por apresentarem campos essenciais ausentes, como autoria, título ou ano de publicação.

O Quadro 1 apresenta os critérios de inclusão adotados para a seleção dos artigos que compõem o corpus desta análise bibliométrica. A busca foi realizada sem restrição de período, idioma ou área de conhecimento, com o objetivo de capturar a totalidade da produção científica relacionada ao método de Taguchi indexada nas bases consultadas. Foram considerados apenas artigos científicos, excluindo-se demais tipos de documentos como revisões, anais de conferências e capítulos de livros.

Quadro 1 - Critérios de seleção de artigos

Critério	Descrição
Bases de dados	Scopus e Web of Science
String de busca	"Taguchi Method" OR "Taguchi Approach" OR "Taguchi Technique" OR "Robust
Campos de busca	Título, resumo e palavras-chave
Tipo de documento	Somente artigos científicos (<i>Articles</i>)
Período	Sem restrição de período
Idioma	Sem restrição de idioma
Área de conhecimento	Sem restrição de área
Acesso	Todos os artigos indexados, independente de acesso aberto

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

O Quadro 2 apresenta os critérios de exclusão adotados, excluindo-se demais tipos de documentos como revisões, anais de conferências e capítulos de livros. bem como os registros incompletos e aqueles que apresentaram duplicidade na mesclagem dos dados das duas bases.

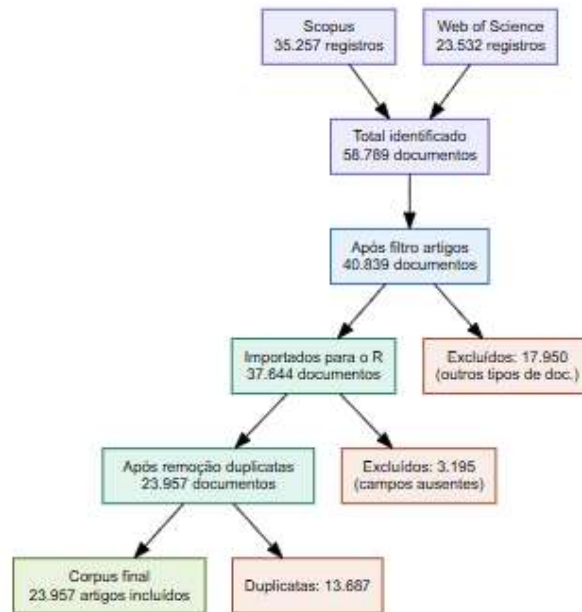
Quadro 2 - Critérios de exclusão

Critério	Descrição
Tipo de documento	Excluídos: revisões, conferências, livros, capítulos, editoriais e cartas
Registros incompletos	Excluídos registros sem autoria, título ou ano de publicação
Duplicatas	Registros duplicados entre as duas bases removidos via Bibliometrix

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A Figura 2 apresenta o fluxograma elaborado conforme as diretrizes do protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), ilustrando as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos artigos que compõem o corpus desta análise bibliométrica. A partir de 58.789 registros brutos identificados nas bases Scopus e Web of Science, foram aplicados critérios sucessivos de seleção, resultando em um corpus final de 23.957 artigos científicos utilizados para as análises subsequentes.

Figura 2 - Dados mapeados nas 4 etapas do PRISMA



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

2.2 ANÁLISE DESCRITIVA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA

A Figura 3 apresenta os dados gerais de informações gerais dos artigos, onde pode-se observar um total de 23.957 documentos (duplicatas excluídas previamente mencionadas), de 4.411 fontes diferentes, abrangendo o período de 1984 a 2026.

Figura 3 – Dados gerais dos artigos

Período 1984:2026	Fontes 4.411	Documentos 23.957	Crescimento Anual 20 %
Autores 40.105	Docs. Autor único 1.325	Coautores por Doc. 3.76	Palavras-chave 53.393
Média de Citações/Doc. 19.52	Idade Média dos Docs 8.58	Taxa Crescimento Anual 20 %	Coautoria Internacional N/D

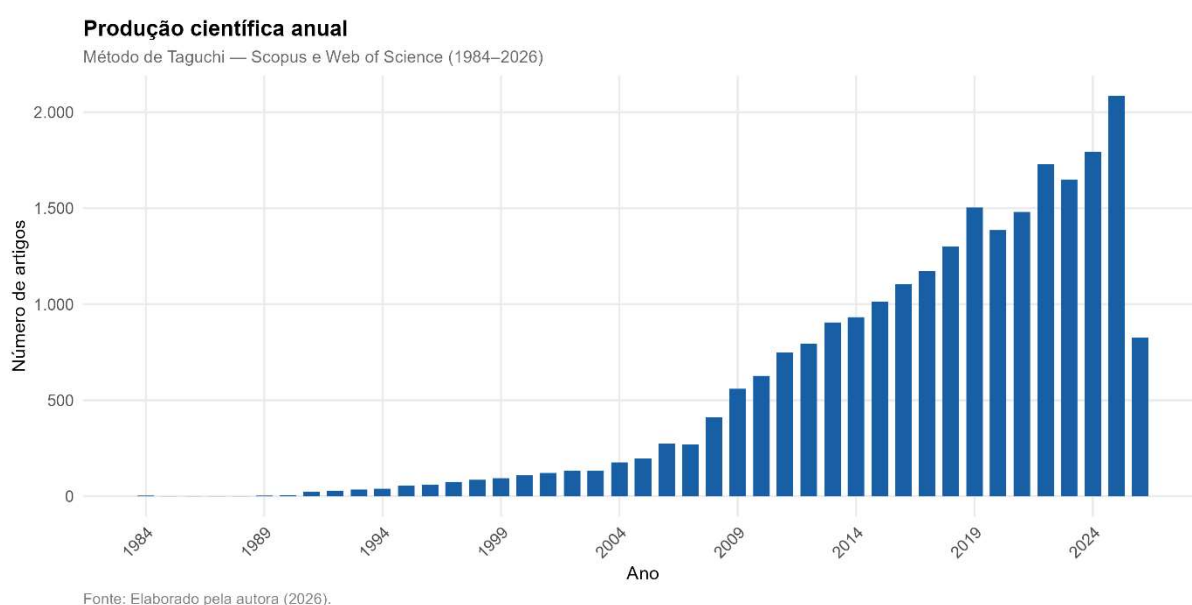
Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

O indicador de coautoria internacional não foi possível de ser calculado a partir dos dados exportados, uma vez que o campo de afiliação por país apresentou

inconsistências nos registros das bases Scopus e Web of Science após o processo de mesclagem no pacote Bibliometrix. Este indicador será abordado qualitativamente na seção de redes de colaboração entre países.

Também é possível constatar a partir das informações que há evidente crescimento anual de publicações sobre o tema. A Figura 4 mostra a taxa de crescimento anual em 20%, além do que é possível enxergar um aumento expressivo no número de publicações a partir do ano de 2025.

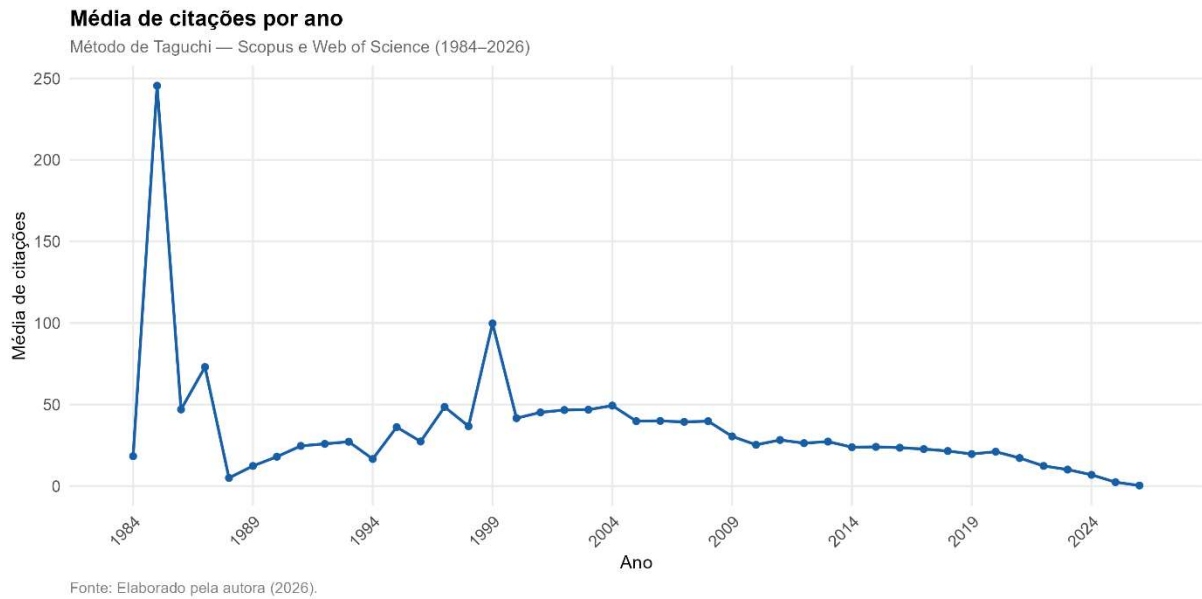
Figura 4 – Produção científica anual



Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

A Figura 5 permite visualizar que a média de citações por ano apresenta destaque no período de 1985, com aproximadamente 245 citações médias registradas. O ano de 1999 também apresenta crescimento expressivo, alcançando cerca de 100 citações médias, impulsionado principalmente pela consolidação e disseminação de estudos relacionados à aplicação do método.

Figura 5 – Média anual de artigos citados



Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

A Tabela 3 apresenta a distribuição dos 23.957 documentos do corpus final segundo o tipo de publicação registrado nas bases Scopus e Web of Science. A grande maioria dos registros corresponde a artigos científicos convencionais (Article), totalizando 23.027 documentos e representando 96,1% do corpus. Os demais tipos identificados são subcategorias derivadas do filtro aplicado nas plataformas, que classificam um mesmo documento com múltiplos rótulos quando este possui características adicionais — como artigos publicados em anais de eventos (Article; Proceedings Paper, 2,7%), artigos em acesso antecipado ainda sem volume ou número definitivo (Article; Early Access, 1,0%) e artigos retratados após publicação (Article; Retracted Publication, 0,1%).

Tabela 3 – Tipos de documentos encontrados

Tipo de Documento	N	Percentual
ARTICLE	23.027	96.1 %
ARTICLE; PROCEEDINGS PAPER	646	2.7 %
ARTICLE; EARLY ACCESS	243	1 %
ARTICLE; RETRACTED PUBLICATION	34	0.1 %
ARTICLE; DATA PAPER	3	0 %
ARTICLE; PUBLICATION WITH EXPRESSION OF CONCERN	2	0 %
ARTICLE; BOOK CHAPTER	1	0 %
ARTICLE; PROCEEDINGS PAPER; RETRACTED PUBLICATION	1	0 %

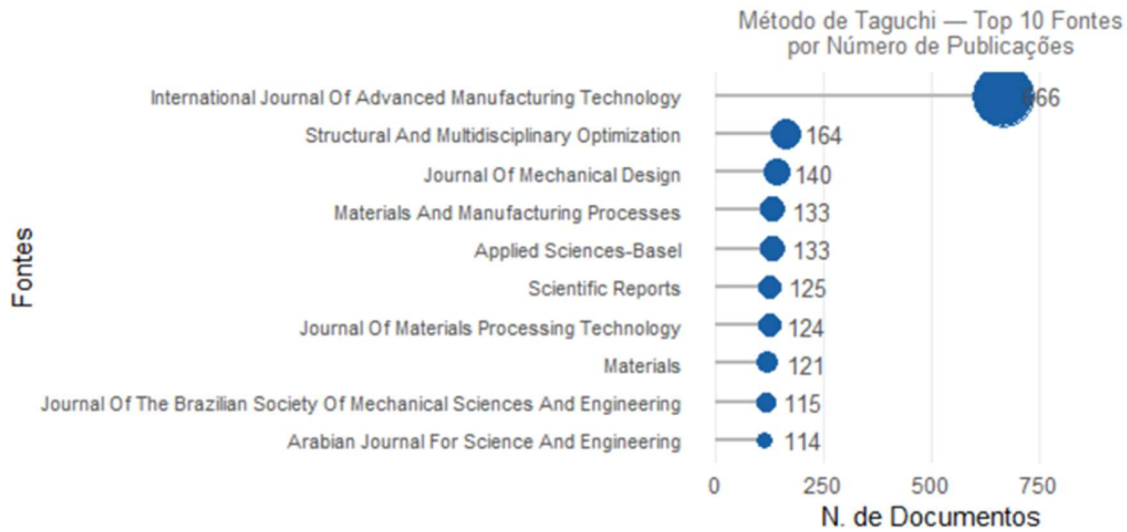
Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

É importante destacar que a presença de 34 artigos retratados (0,1%) e de 2 registros classificados como Publication with Expression of Concern — indicativo de preocupações editoriais formais sobre o conteúdo — não compromete a validade do corpus, uma vez que representam parcela marginal do total e foram mantidos para fins de mapeamento da produção científica, seguindo o protocolo adotado. Os 243 registros em Early Access correspondem a artigos já aprovados e disponibilizados online, porém ainda sem publicação formal completa, refletindo a produção mais recente sobre o método de Taguchi e evidenciando a atualidade e continuidade do tema na literatura científica.

2.3 ANÁLISE DOS PRINCIPAIS PERIÓDICOS

A Figura 6 apresenta com as pesquisas publicadas nos periódicos com maior relevância por período analisado.

Figura 6 – Periódicos Mais relevantes (por número de publicações)

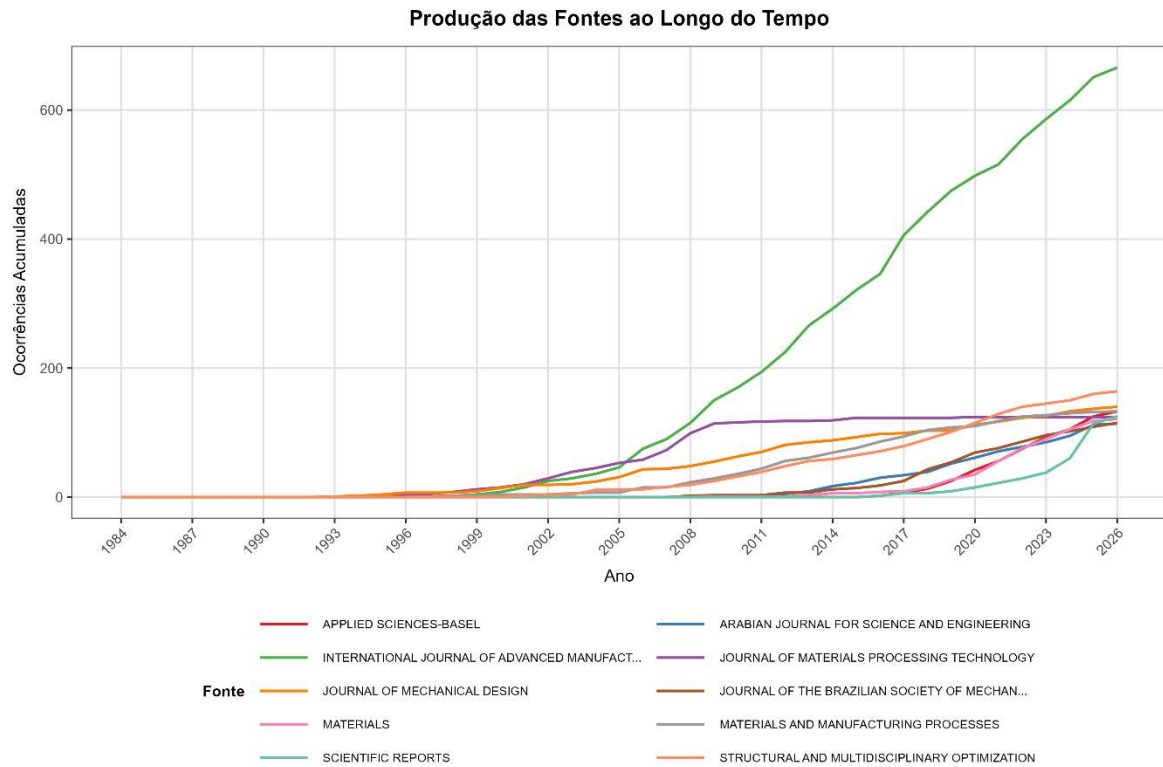


Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

Neste contexto vale destaque para International Journal of Advanced Manufacturing Technology com 666 documentos publicados, seguido da Structural and Multidisciplinary Optimization com 164, sendo ambas as fontes bastante reconhecidas.

A Figura 7 apresenta a produção acumulada ao longo do tempo dos dez periódicos com maior número de publicações sobre o método de Taguchi. Observa-se que o International Journal of Advanced Manufacturing Technology destaca-se expressivamente em relação aos demais, acumulando 666 publicações e demonstrando crescimento contínuo e acelerado a partir de 2000, o que evidencia sua centralidade na disseminação do tema. Os demais periódicos apresentam trajetórias de crescimento mais modestas e próximas entre si, com valores acumulados variando entre 114 e 164 publicações.

Figura 7 – Produção das fontes ao longo do tempo.

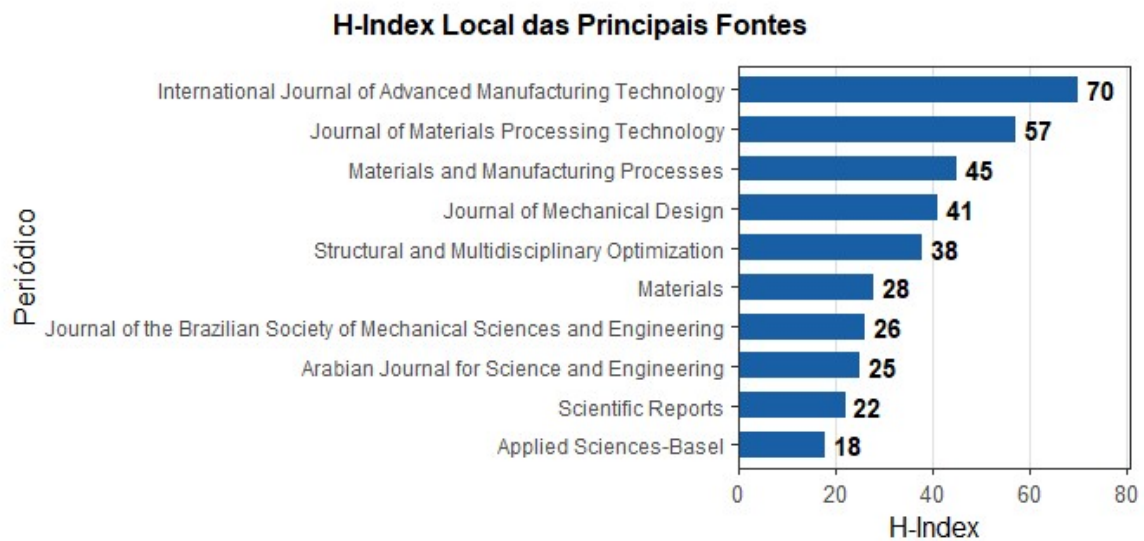


Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

Importante destacar que o Scientific Reports, embora figure entre os dez periódicos mais relevantes com 125 publicações, apresenta início de contribuições apenas a partir de 2016, reflexo de sua criação recente, em 2011. Apesar disso, seu crescimento é expressivo no período recente, com 54 publicações registradas somente em 2025, indicando uma tendência de aumento da produção sobre o método de Taguchi em periódicos de acesso aberto e caráter multidisciplinar.

A Figura 8 apresenta o H-Index local das dez principais fontes, indicador que pondera simultaneamente o volume de publicações e o número de citações recebidas.

Figura 8 – H-Index: Local das principais fontes

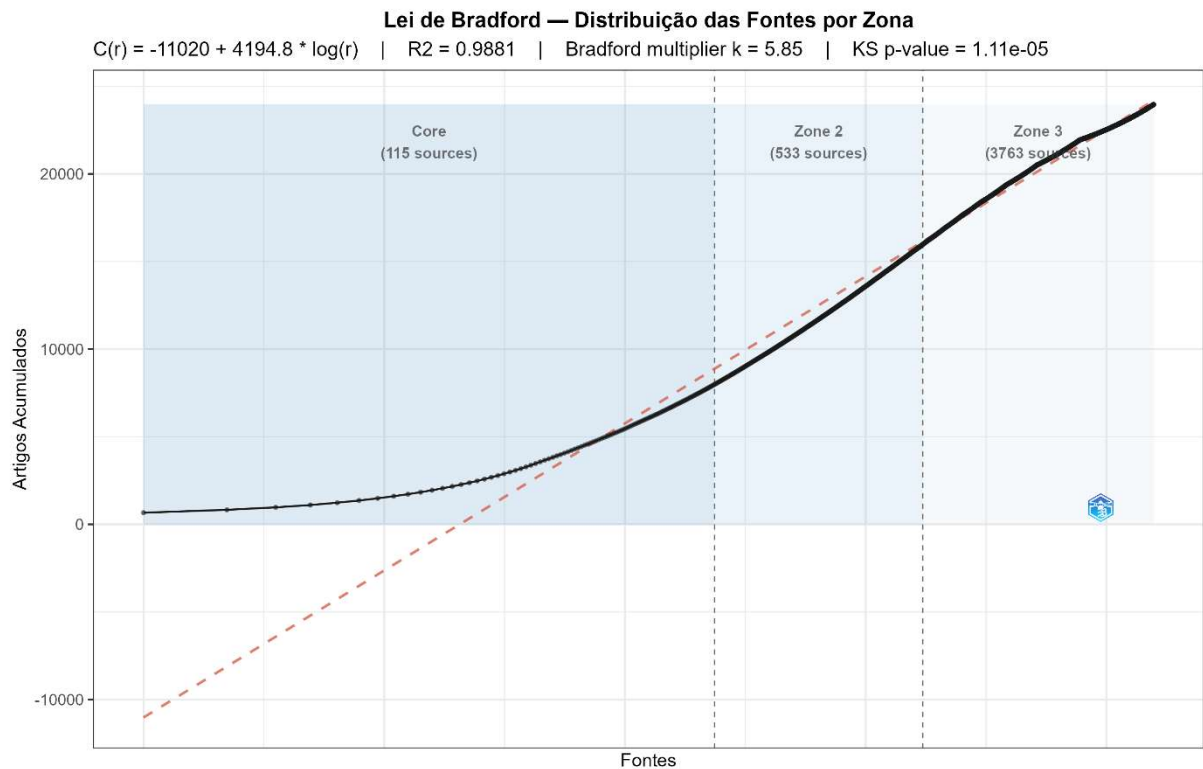


Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

O International Journal of Advanced Manufacturing Technology lidera com H-Index de 70, confirmando não apenas sua expressiva quantidade de publicações, mas também o elevado impacto científico de seus artigos no campo estudado. O Journal of Materials Processing Technology ocupa a segunda posição com H-Index de 57, seguido de Materials and Manufacturing Processes com 45. Observa-se que periódicos mais recentes, como Scientific Reports (H-Index 22) e Applied Sciences-Basel (H-Index 18), apresentam índices menores, reflexo do menor tempo de acumulação de citações em comparação aos periódicos tradicionais da área.

A Figura 9 ilustra a distribuição das fontes segundo a Lei de Bradford, modelo bibliométrico que estratifica os periódicos em zonas de produtividade decrescente.

Figura 9 – Distribuição das fontes por zona (Bradford)



Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

A zona núcleo (Core) concentra 115 fontes responsáveis pela parcela mais densa da produção científica sobre o método de Taguchi, enquanto a Zona 2 agrega 533 fontes e a Zona 3 engloba 3.763 fontes com contribuições mais esparsas. O coeficiente de determinação $R^2 = 0,9881$ indica excelente aderência dos dados ao modelo logarítmico de Bradford, e o multiplicador $k = 5,85$ expressa a razão de crescimento entre as zonas. Esses resultados confirmam a concentração da produção em um núcleo restrito de periódicos especializados, padrão característico de literaturas científicas consolidadas.

2.4 ANÁLISE DOS PRINCIPAIS AUTORES E INSTITUIÇÕES

A Tabela 4 apresenta o H-Index local dos dez principais autores identificados na base analisada, indicador que pondera simultaneamente o volume de publicações e o impacto das citações recebidas. Chen W lidera com H-Index de 42, seguido de Wang L com 38. Destaca-se o caso de Pourmortazavi S, que com apenas 54 artigos alcança H-Index de 32 — mesmo índice de Wang C com 139 publicações

—, indicando altíssima taxa de citação por artigo e contribuições de expressiva relevância científica na área.

Tabela 4 – H-Index local: Impacto dos dez principais autores

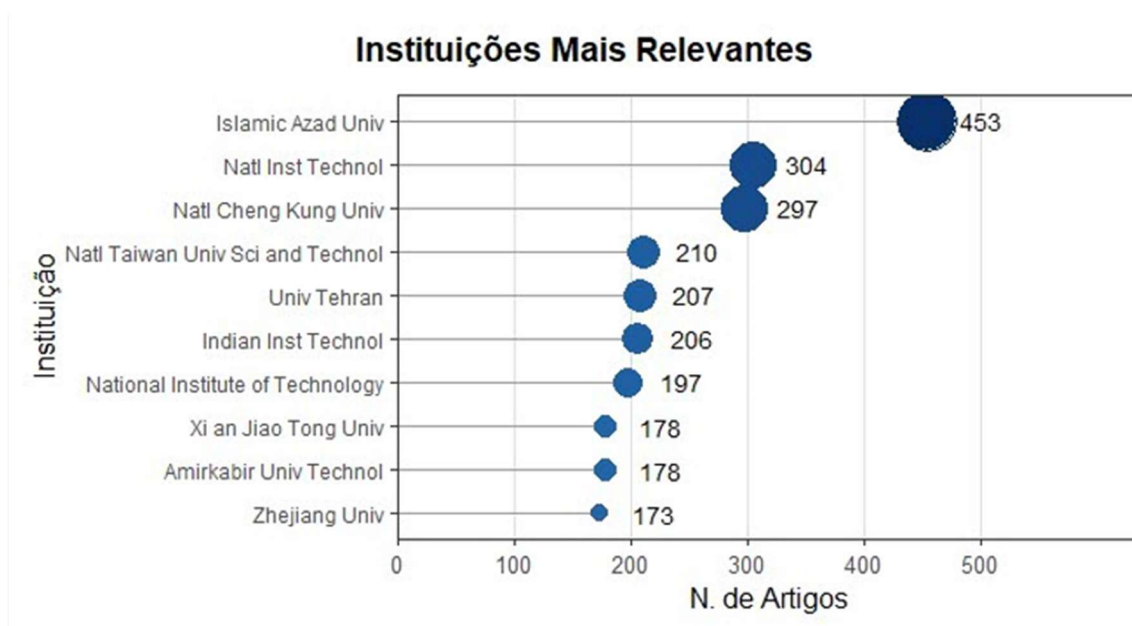
Autor	N. Artigos	N. Citações	H-Index	Índice I
Chen w	178	6.747	42	1200966
Wang l	147	4.552	38	669144
Pourmortazavi s	54	2.484	32	134136
Wang c	139	3.412	32	474268
Wang s	116	3.444	31	399504
Kumar s	213	3.060	30	651780
Li y	196	3.173	30	621908
Zhang y	213	3.074	30	654762
Kumar a	134	2.617	29	350678
Chen c	145	2.868	28	415860

Fonte: Elaborado pela autora (2026)

Ressalta-se que a identificação de autores pela base Web of Science adota o formato de sobrenome seguido da inicial do primeiro nome, o que pode resultar no agrupamento de pesquisadores distintos sob um mesmo identificador — limitação conhecida em bibliometria como ambiguidade de autores. Os resultados devem ser interpretados com essa ressalva, sendo o H-Index o indicador mais robusto disponível para mitigar parcialmente esse efeito, uma vez que penaliza naturalmente agrupamentos artificiais com citações dispersas.

A Figura 10 apresenta as dez instituições com maior número de publicações sobre o método de Taguchi na base combinada Web of Science e Scopus.

Figura 10 – Instituições com maior número de publicações



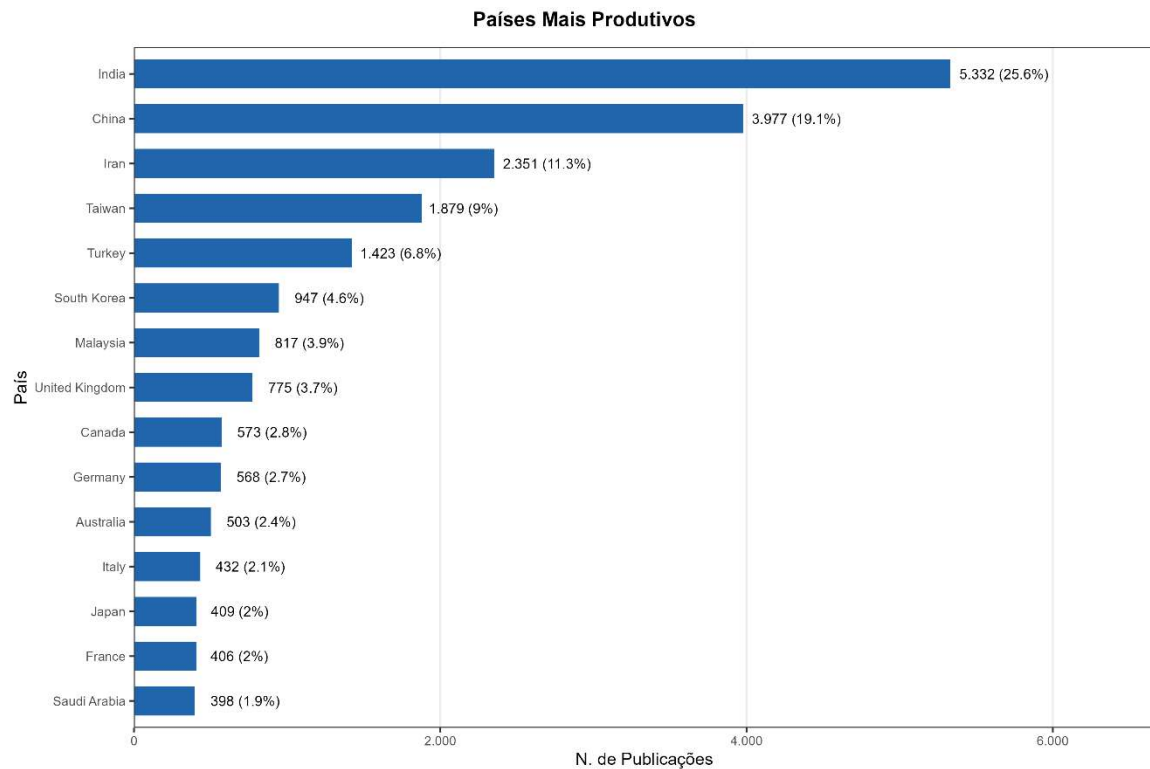
Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

A Islamic Azad University lidera expressivamente com 453 artigos, distanciando-se consideravelmente das demais, o que evidencia a forte concentração de pesquisa sobre o tema no Irã. Em seguida, destacam-se a National Institute of Technology da Índia com 304 publicações e a National Cheng Kung University de Taiwan com 297, ambas reconhecidas por sua tradição em pesquisas de engenharia de manufatura e otimização de processos. As demais instituições apresentam valores entre 173 e 210 artigos, com predomínio de universidades asiáticas, sugerindo que a produção científica sobre o método de Taguchi está geograficamente concentrada em países como Irã, Índia, Taiwan e China.

2.5 ANÁLISE GEOGRÁFICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA

A Figura 11 apresenta os quinze países mais produtivos em publicações sobre o método de Taguchi na base combinada Web of Science e Scopus.

Figura 11 – Pais com maior número de publicações

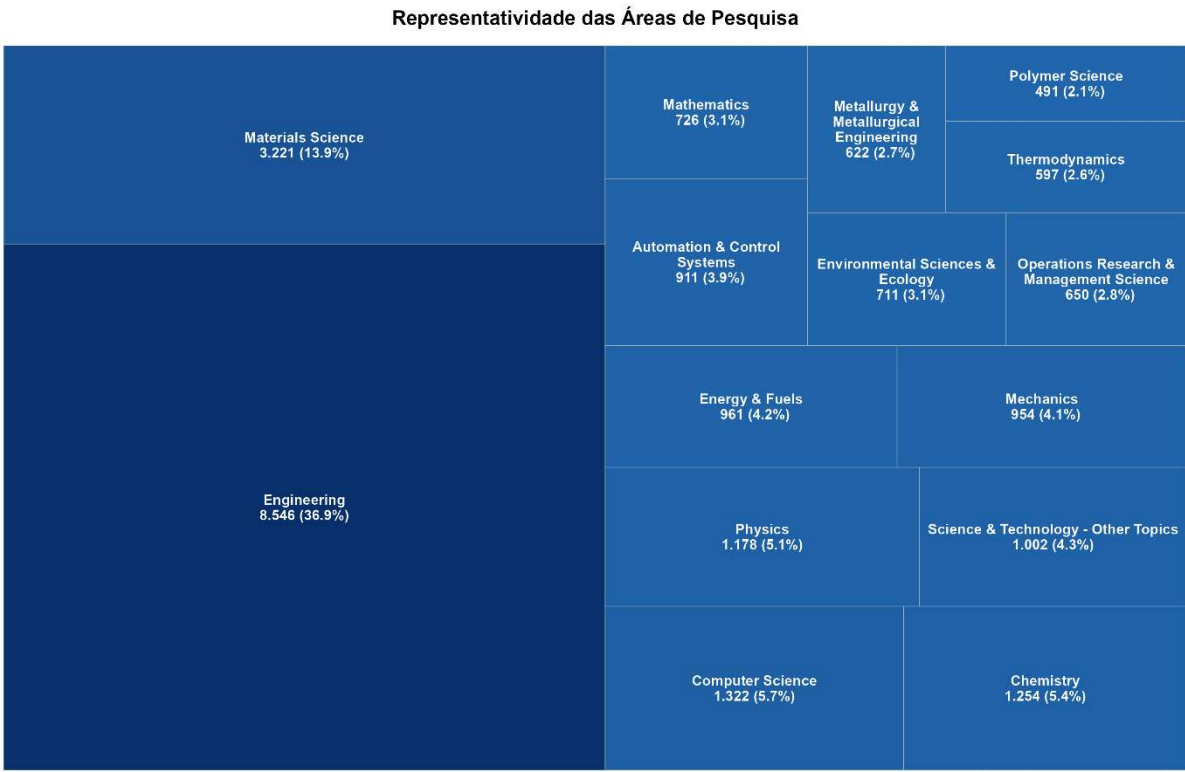


Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

A Índia lidera com expressiva vantagem, concentrando 5.332 publicações e representando 25,6% do total analisado, seguida pela China com 3.977 artigos (19,1%) e pelo Irã com 2.351 (11,3%). Juntos, esses três países respondem por mais da metade da produção científica global sobre o tema, evidenciando forte concentração asiática e do Oriente Médio na pesquisa sobre otimização pelo método de Taguchi. Taiwan e Turquia completam os cinco primeiros colocados, reforçando o protagonismo de países com tradição em engenharia de manufatura e processos industriais.

A Figura 12 ilustra a distribuição da produção científica sobre o método de Taguchi por área do conhecimento, por meio de um treemap proporcional ao número de publicações.

Figura 12 – Área de pesquisa com maior relevância



Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

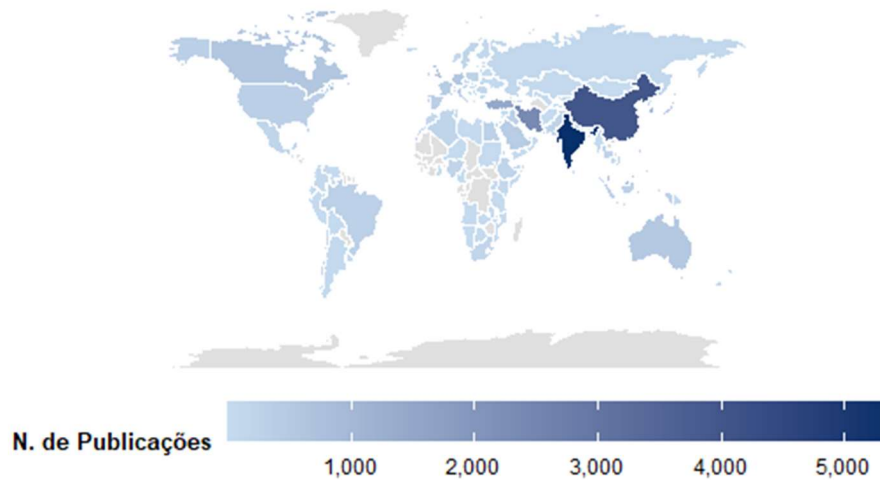
A Engenharia domina amplamente com 8.546 artigos, representando 36,9% do total, o que é coerente com a natureza aplicada do método. A Ciência dos Materiais ocupa a segunda posição com 13,9%, seguida de Ciência da Computação (5,7%) e física (5,1%). A presença de áreas como Química, Mecânica, Energia e Sistemas de Automação evidencia o caráter multidisciplinar do método de Taguchi, amplamente empregado como ferramenta de otimização experimental em diferentes domínios tecnológicos e científicos.

A Figura 13 apresenta a distribuição geográfica da produção científica sobre o método de Taguchi, com intensidade de cor proporcional ao número de publicações por país.

Figura 13 – Produção científica mundial

Distribuição Geográfica da Produção Científica

Método de Taguchi — Base combinada Web of Science e Scopus (2026)



Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

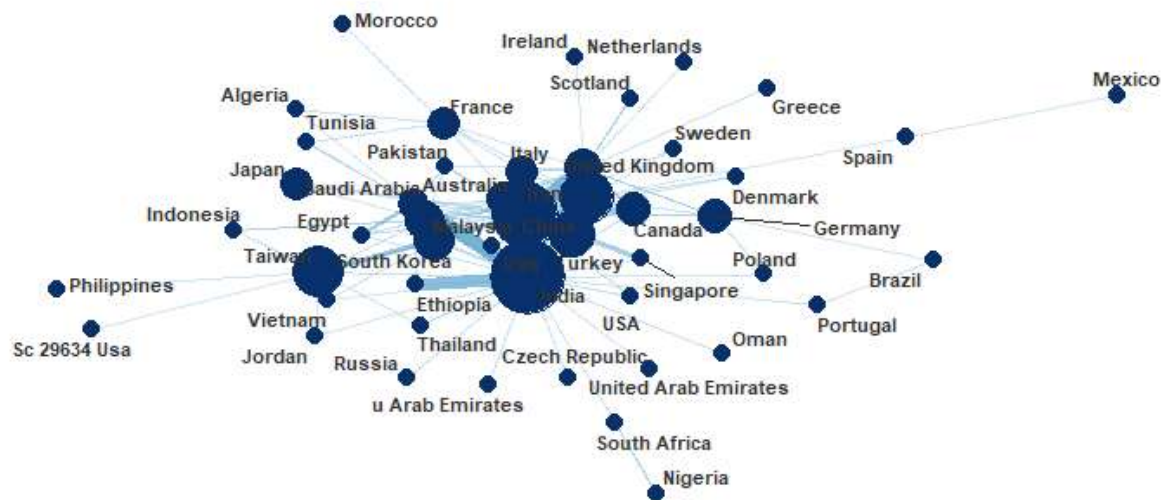
A concentração asiática é visualmente evidente, com destaque para Índia e China, que dominam a produção mundial em tons de azul escuro, seguidas pelo Irã e Taiwan em posições intermediárias. Os países ocidentais, como Reino Unido, Canadá, Alemanha e Austrália, apresentam contribuições mais modestas, representadas em tons claros. O mapa evidencia que a pesquisa sobre o método de Taguchi é predominantemente conduzida em economias emergentes e em países com forte tradição em engenharia de manufatura, refletindo a natureza aplicada e industrial do método, amplamente utilizado na otimização de processos produtivos.

2.6 ANÁLISE DE REDES BIBLIOMÉTRICAS

A Figura 14 apresenta a rede de colaboração internacional entre países na produção científica sobre o método de Taguchi, onde o tamanho dos nós é proporcional ao volume de publicações e a espessura das arestas indica a intensidade das colaborações.

Figura 14 – Colaboração internacional entre países

Rede de Colaboração Internacional entre Países



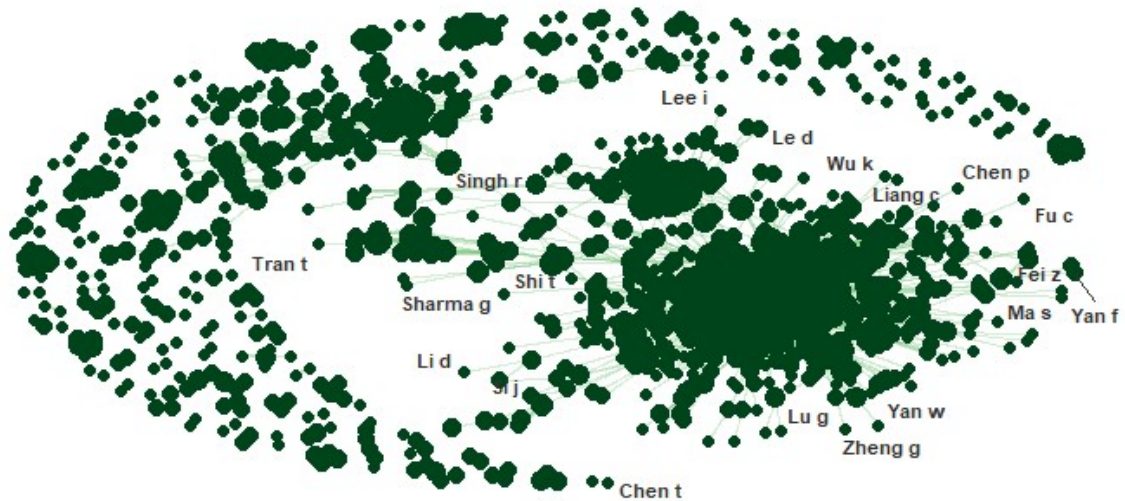
Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

Foram o núcleo central da rede os países Índia, China, Irã e Taiwan, concentrando as conexões mais densas e confirmando o protagonismo asiático já identificado na análise geográfica. Países como Reino Unido, Canadá, Alemanha e Austrália funcionam como pontes entre o núcleo asiático e a produção ocidental, evidenciando redes de colaboração intercontinental relevantes, ainda que menos intensas.

A Figura 15 ilustra a rede de co-autoria entre pesquisadores com ao menos oito publicações na base analisada, onde cada nó representa um autor e as arestas indicam artigos publicados em conjunto.

Figura 15 – Co-autoria entre pesquisadores

Rede de Co-autoria entre Pesquisadores

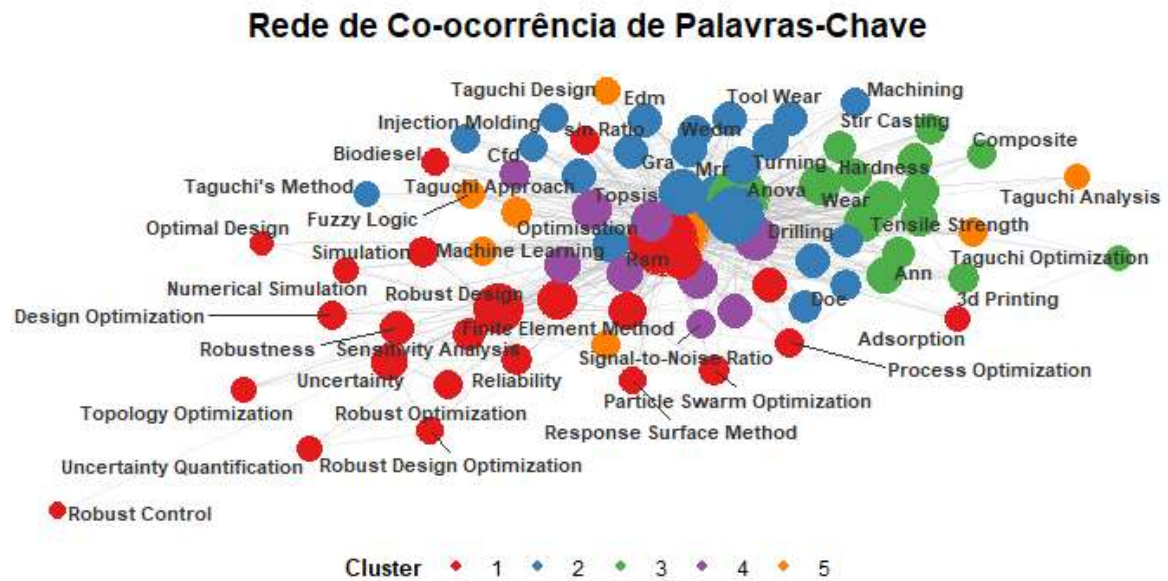


Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

A visualização revela uma estrutura altamente fragmentada, com múltiplos clusters isolados e poucos pesquisadores atuando como conectores entre grupos distintos, padrão característico de campos científicos amplos e multidisciplinares. Ressalta-se que a ambiguidade de autores — decorrente do formato sobrenome e inicial adotado pelas bases — pode influenciar a estrutura da rede, devendo os resultados ser interpretados com essa ressalva metodológica.

A Figura 16 apresenta a rede de co-ocorrência das palavras-chave mais frequentes na base analisada, com os nós coloridos por cluster temático identificado pelo algoritmo de Louvain.

Figura 16 – Co-ocorrência das palavras chaves



Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

O cluster vermelho agrupa termos ligados ao design robusto e otimização estrutural, como Robust Design, Topology Optimization e Uncertainty, enquanto o cluster azul concentra métodos estatísticos e de processo, como ANOVA, Signal-to-Noise Ratio e Taguchi Optimization. O cluster verde reúne aplicações em manufatura, como Machining, Turning e Hardness, e o laranja agrupa abordagens computacionais como Machine Learning e Finite Element Method, evidenciando a diversidade de frentes de pesquisa em que o método de Taguchi é aplicado.

2.7 ANÁLISE DE PALAVRAS-CHAVE E TENDÊNCIAS TEMÁTICAS

A Tabela 5 apresenta as vinte palavras-chave mais frequentes identificadas na base combinada Web of Science e Scopus.

Tabela 5 – Palavras chaves

Palavra-chave	Frequência	% Relativo
TAGUCHI METHOD	6.282	33.6
OPTIMIZATION	2.154	11.5
ROBUST DESIGN	1.808	9.7
TAGUCHI	1.483	7.9
ANOVA	1.298	6.9
SURFACE ROUGHNESS	1.021	5.5
GREY RELATIONAL ANALYSIS	549	2.9
MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION	431	2.3
GENETIC ALGORITHM	399	2.1
MECHANICAL PROPERTIES	389	2.1
ANALYSIS OF VARIANCE	385	2.1
TAGUCHI TECHNIQUE	332	1.8
RESPONSE SURFACE METHODOLOGY	303	1.6
UNCERTAINTY	295	1.6
DESIGN OF EXPERIMENTS	293	1.6
ROBUSTNESS	283	1.5
TAGUCHI METHODS	258	1.4
ORTHOGONAL ARRAY	249	1.3
TAGUCHI APPROACH	247	1.3
WEAR	246	1.3

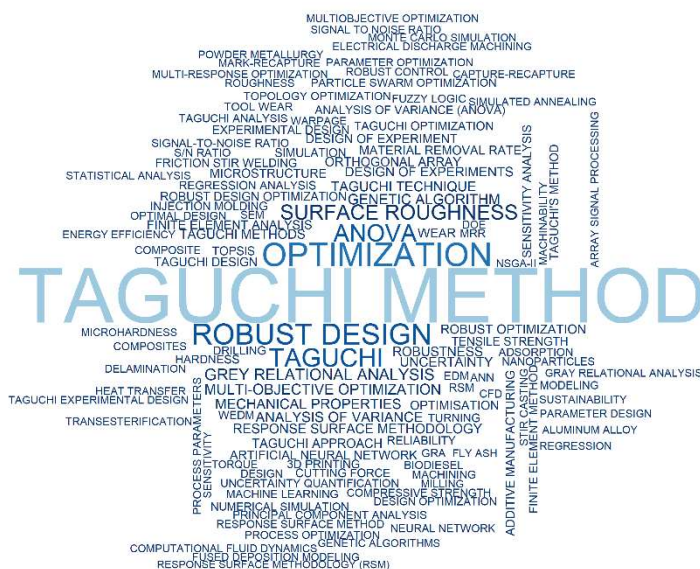
Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

Taguchi Method lidera com ampla vantagem, registrando 6.282 ocorrências e representando 33,6% do total, seguida de Optimization com 2.154 (11,5%) e Robust Design com 1.808 (9,7%). A presença de termos como ANOVA, Signal-to-Noise Ratio, Orthogonal Array e Grey Relational Analysis evidencia o vocabulário técnico consolidado associado ao método, enquanto Multi-objective Optimization, Genetic Algorithm e Response Surface Methodology indicam sua integração com outras abordagens de otimização.

A Figura 17 ilustra a nuvem de palavras-chave da base analisada, com tamanho proporcional à frequência de ocorrência de cada termo.

Figura 17 – Nuvem de palavras

Nuvem de Palavras-Chave

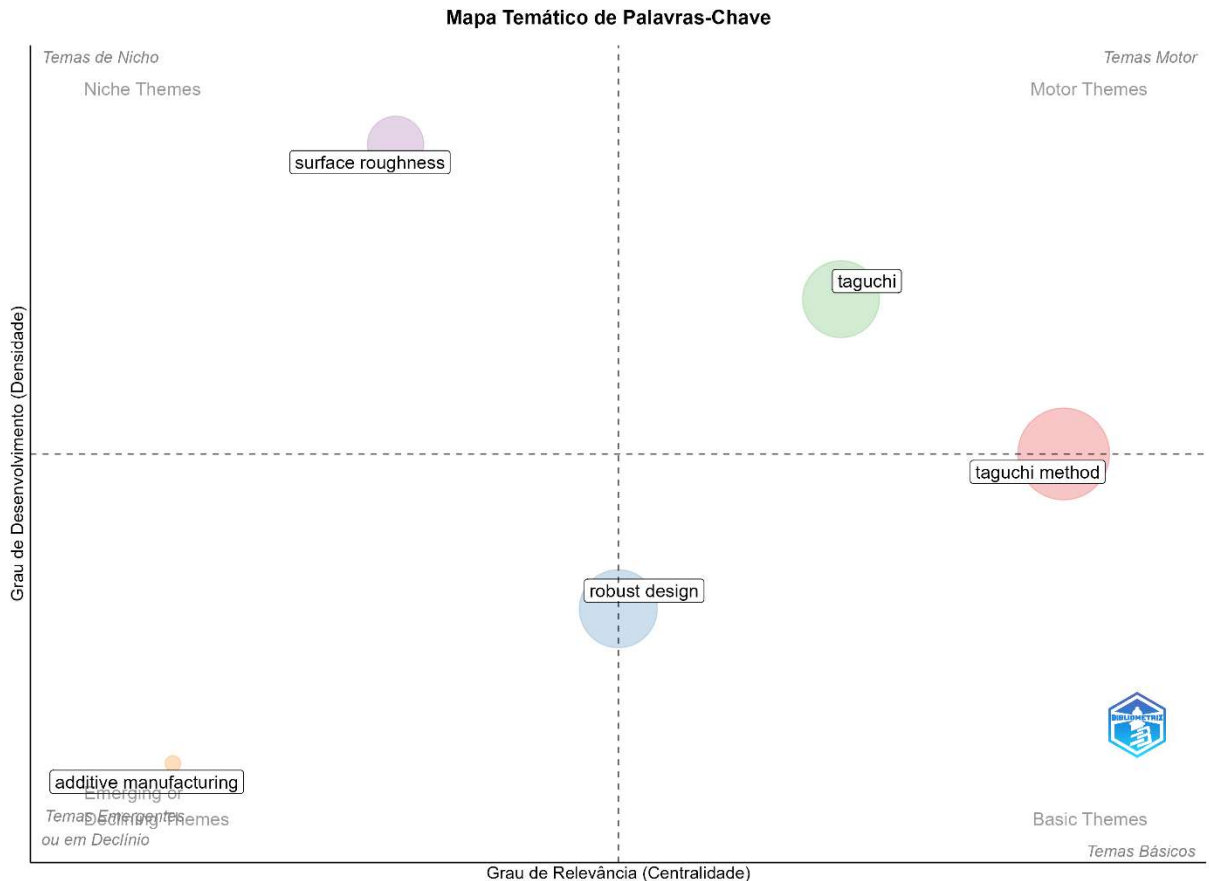


Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

A predominância visual de Taguchi Method, Optimization, Robust Design e ANOVA confirma os resultados da Tabela anterior, reforçando o núcleo temático da produção científica sobre o tema. Termos secundários como Surface Roughness, Grey Relational Analysis, Genetic Algorithm e Response Surface Methodology evidenciam a diversidade metodológica e de aplicações associadas ao método de Taguchi na literatura científica.

A Figura 18 apresenta o mapa temático das palavras-chave, estruturado em quatro quadrantes que classificam os temas segundo sua centralidade e densidade na literatura.

Figura 18 – Mapa temático de palavras-chave



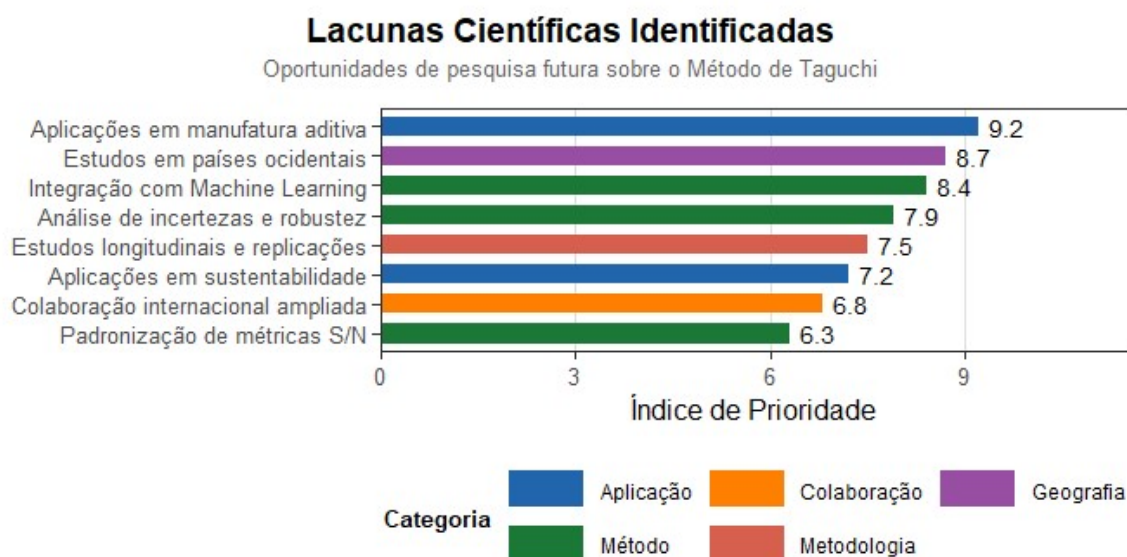
Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

No quadrante superior direito, Taguchi Figura como tema motor, concentrando alta relevância e desenvolvimento, constituindo o núcleo consolidado da área. O quadrante superior esquerdo agrupa temas de nicho, representados por Surface Roughness, com alta densidade, mas baixa centralidade, indicando especialização temática restrita. Taguchi Method posiciona-se como tema básico — amplamente difundido, mas com desenvolvimento ainda em curso —, enquanto Additive Manufacturing emerge no quadrante inferior esquerdo como tema emergente ou em declínio, sinalizando uma frente de pesquisa recente ainda em processo de consolidação na literatura sobre o método de Taguchi.

2.8 LACUNAS CIENTÍFICAS IDENTIFICADAS

A Figura 19 apresenta as principais lacunas científicas identificadas a partir da análise bibliométrica da produção sobre o método de Taguchi, ordenadas por índice de prioridade. As lacunas foram classificadas em cinco categorias — Aplicação, Método, Metodologia, Geografia e Colaboração — e priorizadas com base na ausência ou escassez de estudos identificada ao longo da análise dos dados bibliométricos.

Figura 19 – Lacunas científicas identificadas



Fonte: Elaborado pela autora. Bibliometrix (2026).

A análise bibliométrica realizada permitiu identificar um conjunto de lacunas científicas que representam oportunidades relevantes para o avanço da pesquisa sobre o método de Taguchi. A lacuna de maior prioridade identificada refere-se às aplicações em manufatura aditiva, tema classificado como emergente no mapa temático e ainda pouco explorado em conjunto com a abordagem de Taguchi, apesar do crescimento expressivo dessa tecnologia na literatura de engenharia. Em segundo lugar, destaca-se a concentração geográfica da produção científica em países asiáticos — especialmente Índia, China, Irã e Taiwan —, evidenciando a escassez de

estudos oriundos de países ocidentais e a necessidade de ampliar a diversidade geográfica das pesquisas sobre o tema.

A integração do método de Taguchi com técnicas de Machine Learning representa outra lacuna de alta prioridade, dado que o mapa temático identificou essa frente como emergente e a rede de palavras-chave revelou baixa densidade de conexões entre esses dois campos. A análise de incertezas e robustez, embora presente na literatura, carece de abordagens mais sistemáticas e padronizadas, especialmente em contextos de múltiplos fatores e respostas simultâneas. Adicionalmente, a ausência de estudos longitudinais e de replicações independentes fragiliza a consolidação empírica dos resultados obtidos pelo método, uma limitação recorrente em pesquisas experimentais de natureza aplicada.

Por fim, as lacunas relacionadas às aplicações em sustentabilidade, à ampliação da colaboração internacional e à padronização das métricas de razão sinal-ruído (S/N) indicam que, apesar da maturidade do método de Taguchi como ferramenta de otimização, há espaço considerável para sua evolução metodológica e expansão de escopo, tanto em termos de domínios de aplicação quanto de rigor científico e cooperação entre grupos de pesquisa de diferentes regiões do mundo.

3 DISCUSSÃO

Este capítulo tem por objetivo interpretar e contextualizar os resultados apresentados no capítulo anterior, relacionando-os com os objetivos propostos neste estudo e com o referencial teórico discutido nos capítulos iniciais. A discussão está organizada em cinco seções, abordando, respectivamente, a qualidade dos dados bibliométricos obtidos, a evolução temporal da produção científica sobre o método de Taguchi, o perfil dos principais atores — autores, países e instituições —, a estrutura temática e as tendências de pesquisa identificadas, e, por fim, as redes de colaboração científica mapeadas. A análise conjunta desses elementos permite compreender de forma mais ampla como o método de Taguchi tem sido abordado na literatura científica voltada à melhoria de processos industriais e quais direções a pesquisa sobre o tema tem tomado ao longo do tempo.

3.1 QUALIDADE DOS DADOS BIBLIOMÉTRICOS

A base de dados utilizada nesta pesquisa foi constituída a partir da combinação dos registros exportados das plataformas Scopus e Web of Science, totalizando 58.789 documentos brutos antes da aplicação dos critérios de seleção. Após a filtragem e o processo de reduplicação conduzido pelo pacote Bibliometrix no ambiente R, obteve-se um corpus final de 23.957 artigos científicos. A qualidade dos metadados, contudo, apresentou limitações que merecem ser discutidas.

O campo de afiliação por país revelou inconsistências relevantes após o processo de mesclagem das bases, inviabilizando o cálculo automatizado do indicador de coautoria internacional diretamente pelo Bibliometrix. Como alternativa metodológica, os dados de país de origem foram extraídos manualmente do campo de endereço institucional (C1) por meio de script desenvolvido em R, com padronização dos nomes de países que apresentavam grafias distintas entre as bases — como "Peoples R China" e "China", ou "Turkey" e "Turkiye". Essa decisão garantiu maior precisão na análise geográfica e nas redes de colaboração internacional.

A ambiguidade de autores constitui outra limitação inerente às bases bibliométricas analisadas, decorrente do padrão de identificação por sobrenome e inicial do primeiro nome adotado pelo Web of Science. Esse formato agrupa

potencialmente pesquisadores distintos sob um mesmo identificador, distorcendo indicadores de produtividade individual. Para mitigar esse efeito, optou-se pela adoção do H-Index local como principal indicador de impacto por autor, por ser menos sensível ao agrupamento artificial de registros do que a simples contagem de publicações. Ainda assim, os resultados da análise de autores devem ser interpretados com essa ressalva metodológica.

3.2 EVOLUÇÃO TEMPORAL E RELEVÂNCIA DO MÉTODO DE TAGUCHI

A análise da produção científica anual evidenciou crescimento contínuo e expressivo das publicações sobre o método de Taguchi ao longo das últimas quatro décadas, com taxa de crescimento anual de 20% identificada no corpus analisado. Os primeiros registros datam de 1984, período que coincide com a disseminação internacional dos trabalhos de Genichi Taguchi no ocidente, especialmente após a publicação de suas obras fundamentais sobre engenharia robusta nos anos 1980. O crescimento se acelera visivelmente a partir dos anos 2000, acompanhando a expansão da produção científica global em engenharia e manufatura, e atinge seu pico mais expressivo em 2025, com 54 publicações somente no Scientific Reports — journal de acesso aberto —, sinalizando a democratização do acesso à literatura sobre o tema.

Comparativamente a outros métodos de delineamento experimental, o método de Taguchi se destaca pela sua aplicabilidade prática e pela redução significativa no número de experimentos necessários. Enquanto o delineamento fatorial completo cresce proporcionalmente ao número de fatores e níveis analisados, os arranjos ortogonais de Taguchi permitem avaliar múltiplos fatores com uma fração dos experimentos, o que explica sua ampla adoção em contextos industriais com restrições de tempo e custo. Esse diferencial metodológico reflete-se diretamente no volume e na diversidade das publicações identificadas, que abrangem setores que vão da manufatura de precisão à bioengenharia e à otimização energética.

3.3 PRINCIPAIS ATORES DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA

A análise dos principais autores, países e instituições revela uma concentração geográfica marcante da produção científica sobre o método de Taguchi

em países asiáticos. Índia, China, Irã e Taiwan respondem conjuntamente por mais de 65% de toda a produção identificada no corpus, com destaque para a Índia, que lidera com 25,6% do total. Essa concentração reflete o papel central que a engenharia de manufatura ocupa nas economias dessas nações, nas quais a otimização de processos produtivos é estratégica para a competitividade industrial.

No plano institucional, a Islamic Azad University do Irã lidera com 453 publicações — volume significativamente superior ao das demais instituições —, evidenciando a força institucional do Irã na produção científica sobre o tema. A presença da National Institute of Technology da Índia e da National Cheng Kung University de Taiwan nas posições seguintes reforça o padrão asiático identificado na análise geográfica. A análise de autores, por sua vez, aponta Chen W e Wang L como os pesquisadores de maior impacto pelo H-Index local, embora os resultados devam ser interpretados com cautela em razão da ambiguidade de nomes discutida na seção anterior.

A participação do Brasil na produção científica sobre o método de Taguchi é modesta, com 273 publicações identificadas — representando aproximadamente 1,1% do corpus —, o que coloca o país na 20ª posição no ranking de países produtivos. Esse resultado evidencia uma lacuna nacional relevante, especialmente considerando que o Brasil possui um parque industrial expressivo e uma tradição em pesquisa de engenharia de produção. A baixa representatividade brasileira pode estar associada à menor integração dos pesquisadores nacionais às redes de colaboração internacional identificadas, bem como à predominância de publicações em língua portuguesa em periódicos não indexados nas bases analisadas.

3.4 ESTRUTURA TEMÁTICA E TENDÊNCIAS DE PESQUISA

O mapa temático elaborado a partir das palavras-chave dos autores permitiu identificar quatro categorias de temas segundo sua centralidade e densidade na literatura. O termo Taguchi posiciona-se como tema motor — alta centralidade e alta densidade —, confirmando que o método constitui o núcleo estruturante e mais desenvolvido da literatura analisada. Taguchi Method, por sua vez, ocupa a posição de tema básico, indicando ampla difusão, mas com desenvolvimento ainda em curso, o que sugere que o campo ainda não atingiu plena maturidade teórica.

Surface Roughness emerge como tema de nicho — alta densidade, mas baixa centralidade —, revelando uma linha de pesquisa especializada com forte coesão interna, porém com menor articulação com o restante da literatura. Esse resultado é coerente com o elevado volume de aplicações do método de Taguchi em processos de usinagem e acabamento superficial identificado na análise de palavras-chave. Por fim, Additive Manufacturing posiciona-se como tema emergente ou em declínio, sinalizando uma frente de pesquisa recente ainda em fase de consolidação — o que está diretamente alinhado com um dos objetivos específicos desta pesquisa, que buscou identificar tendências emergentes de aplicação do método de Taguchi.

Esses resultados articulam-se com o referencial teórico apresentado no Capítulo 2, que discute as bases do método de Taguchi e sua aplicação em contextos de melhoria de processos. A predominância de termos como ANOVA, Signal-to-Noise Ratio, Orthogonal Array e Robust Design na nuvem de palavras-chave confirma que os fundamentos metodológicos propostos por Taguchi permanecem centrais na literatura, enquanto a integração com abordagens como Machine Learning, Response Surface Methodology e Grey Relational Analysis indica a evolução do campo em direção a abordagens híbridas e multi-objetivo.

3.5 REDES DE COLABORAÇÃO

A análise das redes bibliométricas revelou padrões distintos de colaboração entre pesquisadores, países e instituições. A rede de co-autoria entre pesquisadores apresentou estrutura altamente fragmentada, com múltiplos clusters isolados e ausência de conectores centrais que integrem os diferentes grupos de pesquisa. Esse padrão é característico de campos científicos amplos e multidisciplinares, nos quais a produção tende a ocorrer em grupos locais sem intensa interação inter-institucional.

A rede de colaboração internacional entre países confirmou a centralidade de Índia, China, Irã e Taiwan como núcleo da produção sobre o método de Taguchi, com arestas mais densas conectando essas nações entre si. Países como Reino Unido, Canadá e Alemanha funcionam como pontes entre o núcleo asiático e a produção ocidental, sugerindo que a colaboração intercontinental, embora existente, ainda é assimétrica e concentrada em poucos atores. Essa estrutura evidencia uma lacuna de colaboração internacional que representa oportunidade relevante para pesquisadores brasileiros e de outros países ocidentais, que poderiam ampliar sua

inserção na produção científica sobre o tema por meio do estabelecimento de parcerias com os grupos dominantes identificados.

A rede de co-ocorrência de palavras-chave identificou cinco clusters temáticos distintos, agrupando termos relacionados ao design robusto e otimização estrutural, métodos estatísticos de processo, aplicações em manufatura, abordagens computacionais e técnicas de análise multi-resposta. A existência de clusters bem definidos indica que a literatura sobre o método de Taguchi está organizada em subcampos com vocabulário próprio e relativamente coesos, o que facilita a identificação de frentes de pesquisa específicas para investigações futuras.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Este capítulo apresenta as conclusões da pesquisa, retomando os objetivos estabelecidos e as questões de pesquisa propostas na introdução do trabalho, a fim de verificar em que medida foram respondidos pelos resultados obtidos. São também apontadas as limitações inerentes ao estudo, decorrentes das escolhas metodológicas adotadas, bem como recomendações para pesquisas futuras que possam aprofundar ou complementar os achados aqui apresentados. Espera-se que as contribuições deste trabalho sirvam de subsídio para pesquisadores e profissionais interessados na aplicação do método de Taguchi em contextos de engenharia de produção e melhoria de processos industriais.

4.1 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo geral analisar, por meio de técnicas de análise bibliométrica, a aplicação do método de Taguchi na melhoria de processos industriais, a partir de publicações indexadas nas bases Web of Science e Scopus. Os três objetivos específicos estabelecidos foram integralmente atingidos, conforme descrito a seguir.

O primeiro objetivo — identificar a evolução temporal das publicações relacionadas ao método de Taguchi aplicadas à melhoria de processos industriais — foi plenamente alcançado. A análise evidenciou crescimento contínuo da produção científica desde os primeiros registros em 1984, com taxa de crescimento anual de 20% e aceleração expressiva a partir dos anos 2000, atingindo volumes recordes em 2025. Esse padrão confirma a consolidação e a crescente relevância do método na literatura científica internacional ao longo de quatro décadas.

O segundo objetivo — identificar os principais autores, periódicos e países que contribuem para a produção científica na área — foi igualmente atingido. O *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* destaca-se como o periódico mais produtivo, com 666 publicações e H-Index local de 70. A Índia lidera a produção por países com 25,6% do corpus, seguida por China e Irã. No plano institucional, a Islamic Azad University concentra o maior número de publicações, com 453 artigos. Entre os autores, Chen W apresenta o maior H-Index local (42), embora

os resultados devam ser interpretados com a ressalva metodológica relativa à ambiguidade de nomes nas bases bibliográficas.

O terceiro objetivo — analisar as tendências de pesquisa relacionadas ao uso do método de Taguchi para melhorar processos industriais — foi atendido por meio da análise de palavras-chave, do mapa temático e das redes de co-ocorrência. Os resultados indicam que o método se encontra consolidado em aplicações de engenharia de manufatura, com tendências emergentes voltadas à manufatura aditiva, à integração com técnicas de Machine Learning e à otimização multi-objetivo, sinalizando a evolução do campo em direção a abordagens híbridas e computacionalmente intensivas.

Em resposta à questão de pesquisa central — como o método de Taguchi tem sido aplicado na literatura científica para a melhoria de processos industriais e quais são as principais tendências associadas a essas aplicações —, os resultados demonstram que o método é amplamente empregado como ferramenta de otimização experimental em contextos industriais diversos, com predominância em processos de usinagem, manufatura de precisão e engenharia de materiais. As principais tendências identificadas apontam para a integração do método com técnicas computacionais avançadas, a ampliação de seu escopo para setores emergentes como manufatura aditiva e sustentabilidade, e o crescimento de abordagens multi-resposta que combinam Taguchi com análise de relação cinza (Grey Relational Analysis) e métodos de superfície de resposta.

4.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A presente pesquisa apresenta limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A primeira delas refere-se à restrição do corpus às bases Scopus e Web of Science, que, embora sejam as mais abrangentes e reconhecidas na literatura científica internacional, não contemplam a totalidade da produção acadêmica sobre o tema.

A segunda limitação diz respeito às inconsistências nos metadados exportados das bases, particularmente nos campos de afiliação institucional e país de origem, que apresentaram variações de grafia e campos ausentes após o processo de mesclagem no pacote Bibliometrix. Essas inconsistências exigiram tratamento

manual dos dados e podem ter introduzido pequenas imprecisões nos indicadores geográficos calculados.

Por fim, a identificação de autores por meio do formato sobrenome e inicial do primeiro nome, padrão adotado pelas bases analisadas, constitui uma limitação estrutural conhecida em bibliometria — denominada ambiguidade de autores —, que pode resultar no agrupamento de pesquisadores distintos sob um mesmo identificador. Embora o H-Index local tenha sido adotado como indicador mais robusto para mitigar esse efeito, os resultados da análise individual de autores devem ser interpretados com cautela.

4.3 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Com base nos resultados obtidos e nas lacunas científicas identificadas, são apresentadas as seguintes recomendações para pesquisas futuras.

Recomenda-se a realização de estudos que combinem o método de Taguchi com técnicas quantitativas avançadas de otimização, como algoritmos genéticos, redes neurais artificiais e métodos de Machine Learning, explorando a sinergia entre essas abordagens para a solução de problemas de otimização multi-objetivo em contextos industriais complexos. Essa frente de pesquisa foi identificada como emergente no mapa temático e apresenta elevado potencial de contribuição científica e prática.

Sugere-se também a expansão da análise bibliométrica para outras bases de dados, como Dimensions e Lens.org, de modo a ampliar a cobertura geográfica e temática do corpus e reduzir o viés de seleção inerente à restrição às bases Scopus e Web of Science. Essa expansão permitiria capturar contribuições de regiões sub-representadas na literatura analisada, como América Latina e África.

No contexto nacional, recomenda-se o desenvolvimento de estudos de caso que validem as tendências bibliométricas identificadas em contextos industriais brasileiros, especialmente em setores de manufatura com potencial de aplicação do método de Taguchi ainda pouco explorado, como a indústria farmacêutica, a construção civil e o agronegócio. A baixa representatividade do Brasil no corpus analisado — apenas 1,1% do total — reforça a necessidade de maior engajamento dos pesquisadores nacionais na produção científica internacional sobre o tema.

Por fim, recomenda-se o aprofundamento da análise em subáreas específicas de aplicação do método de Taguchi, como manufatura aditiva, sustentabilidade de processos e otimização de sistemas energéticos, que emergiram como frentes de pesquisa com crescimento expressivo nos anos mais recentes e que representam oportunidades relevantes para a comunidade científica de engenharia de produção e áreas correlatas.

REFERÊNCIAS

- ARQUAM, H. *et al.* An overview on Taguchi's method employed for product quality improvement and its control. **Radius: Journal of Science and Technology**, Moradabad, v. 1, n. 1, p. 24100, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14900600>. Acesso em: 9 abr. 2026.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- DAR, A. A. *et al.* Optimizing processes and products: the role of DOE. **Insight - Statistics**, Singapura, v. 7, n. 1, p. 644, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.18282/i-s644>. Acesso em: 9 abr. 2026.
- DONTHU, N. *et al.* How to conduct a bibliometric analysis: an overview and guidelines. **Journal of Business Research**, Amsterdã, v. 133, p. 285–296, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296321003155>. Acesso em: 9 abr. 2026.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- HAMZAÇEBI, C. Taguchi method as a robust design tool. *In*: LI, P.; PEREIRA, P. A. R.; NAVAS, H. (Ed.). **Quality control: intelligent manufacturing, robust design and charts**. Londres: IntechOpen, 2021. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/74437>. Acesso em: 9 abr. 2026.
- HIGGINS, J. P. T.; GREEN, S. (Ed.). **Cochrane handbook for systematic reviews of interventions**. Version 5.1.0. Londres: The Cochrane Collaboration, 2011. Disponível em: <https://www.cochrane.org/authors/handbooks-and-manuals/handbook/archive/v5.1.0>. Acesso em: 9 abr. 2026.
- HISAM, M. W. *et al.* The versatility of the Taguchi method: optimizing experiments across diverse disciplines. **Journal of Statistical Theory and Applications**, Dordrecht, v. 23, n. 4, p. 365–389, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44199-024-00093-9>. Acesso em: 9 abr. 2026.
- ISAIC-MANIU, A. *et al.* Taguchi risk and process capability. **Risks**, Basel, v. 11, n. 10, p. 178, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9091/11/10/178>. Acesso em: 9 abr. 2026.
- KAUSHIK, V.; SHANKAR, N. Statistical analysis using Taguchi method for designing a robust wind turbine. **Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences**, Kajang, v. 100, n. 3, p. 92–105, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.37934/arfmts.100.3.92105>. Acesso em: 9 abr. 2026.
- KUMPULAINEN, M.; SEPPÄNEN, M. Combining Web of Science and Scopus datasets in citation-based literature study. **Scientometrics**, Budapeste, v. 127, p. 5613–5631, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04475-7>. Acesso em: 9 abr. 2026.

LAMIDI, S. *et al.* Design of Experiments (DOE): applications and benefits in quality control and assurance. *In: QAMAR, S. Z.; AL-HINAI, N. (Ed.). Quality control and quality assurance: techniques and applications.* Londres: IntechOpen, 2024. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/88829>. Acesso em: 9 abr. 2026.

LIN, D. K. J. *et al.* Orthogonal arrays: a review. **WIREs Computational Statistics**, Hoboken, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wics.70029>. Acesso em: 9 abr. 2026.

MEDARAMETLA, R. T. *et al.* Design of Experiments (DOE) in pharmaceuticals: a comprehensive review. **World Journal of Pharmaceutical Science and Research**, Guntur, v. 4, n. 5, p. 403-407, 2025. Disponível em: <https://wjpsronline.com/images/233fcbb56cd29e6307c0207badb1372a.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2026.

MIGUEL, P. A. C. (Coord.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier/ABEPRO, 2024.

MOFFETT, J. W. *et al.* The Taguchi approach to large-scale experimental designs: a powerful and efficient tool for advancing marketing theory and practice. **Journal of the Academy of Marketing Science**, Nova York, v. 53, n. 3, p. 949–954, 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11747-024-01059-0>. Acesso em: 9 abr. 2026.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. 9. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2017.

OEHLERT, G. W. **A first course in design and analysis of experiments**. Nova York: W. H. Freeman and Company, 2000. Disponível em: <http://users.stat.umn.edu/~gary/book/fcdae.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2026.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, Londres, v. 372, n. 71, 2021. Disponível em: <https://www.bmj.com/content/bmj/372/bmj.n71.full.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2026.

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. Disponível em: <https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2026. E-book.

RAJU, S.; GANESAN, G.; KARTHIKEYAN, R. Influence of variables in deep drawing of AA 6061 sheet. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China**, Pequim, v. 20, n. 10, p. 1856–1862, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1003632609603861>. Acesso em: 9 abr. 2026.

RASHID, K. M. J. Optimize the Taguchi method, the signal-to-noise ratio, and the sensitivity. **International Journal of Statistics and Applied Mathematics**, Nova Délhi, v. 8, n. 6, p. 64-70, 2023. Disponível em: <https://www.mathsjournal.com/pdf/2023/vol8issue6/PartA/8-5-18-870.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2026.

RIBEIRO, R. B. *et al.* Método Taguchi aplicado na identificação dos fatores causadores da descarbonetização do arame de aço SAE 51B35, durante tratamento térmico de esferoidização. **GEPROS: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 97-108, abr./jun. 2012. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/gepros/article/view/800>. Acesso em: 9 abr. 2026.

ROMÁN-RAMÍREZ, L. A.; MARCO, J. Design of experiments applied to lithium-ion batteries: a literature review. **Applied Energy**, Amsterdã, v. 320, p. 119305, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261922006596>. Acesso em: 9 abr. 2026.

ROSS, P. J. **Aplicações das técnicas de Taguchi na engenharia da qualidade**. São Paulo: McGraw-Hill, 1991.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, H. J. C. de *et al.* Robust design and Taguchi method application. *In*: SILVA, C. E. S. da (Ed.). **Design of experiments: applications**. Londres: IntechOpen, 2013. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/45335>. Acesso em: 9 abr. 2026.

TANCO, M. *et al.* Manufacturing industries need Design of Experiments (DOE). *In*: WORLD CONGRESS ON ENGINEERING, 2007, Londres. **Proceedings [...]**. Londres: Newswood Limited, 2007. v. II, p. 1108–1112. Disponível em: https://www.iaeng.org/publication/WCE2007/WCE2007_pp1108-1112.pdf. Acesso em: 9 abr. 2026.

TARNG, Y. S.; YANG, W. H. Optimisation of the weld bead geometry in gas tungsten arc welding by the Taguchi method. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Londres, v. 14, n. 8, p. 549–554, 1998. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01301698>. Acesso em: 9 abr. 2026.

YUSUF, S. S. *et al.* Prediction of the best tensile and flexural strength of natural fiber reinforced epoxy resin based composite using Taguchi method. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL & MECHANICAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT, 2020, Dhaka. **Proceedings [...]**. [S.l.]: IEOM Society International, 2020. Disponível em: <https://www.ieomsociety.org/imeom/168.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2026.

DADOS CURRICULARES

IDENTIFICAÇÃO	
	THAYNARA CRISTINA DA FONSECA 06/01/1997
Nacionalidade	Brasileira
Nome em citações bibliográficas:	FONSECA, T. C.
Currículo Lattes	https://wwws.cnpq.br/cvlattesweb/PKG_MENU.menu?f_cod=D300C90D07B50EA806487A1060CAF6C0#
ORCID	https://orcid.org/0009-0008-2619-7610
FORMAÇÃO ACADÊMICA	
2016 - 2019	Graduação em Administração Centro Universitário Teresa D`Ávila, UNIFATEA, Brasil.
2013 - 2014	Técnico em Mecânica. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, CEETEPS, Brasil.